ÉTUDE

SUR LA NATURE ET LA CAUSE PRÉSUMÉE DES ACCIDENTS SURVENUS

PARMI LES OUVRIERS QUI TRAVAILLENT AUX FONDATIONS A L'AIR COMPRIMÉ

ÉTUDE

SUR LA NATURE ET LA CAUSE PRÉSUMÉE DES ACCIDENTS SURVENUS

PARMI LES OUVRIERS QUI TRAVAILLENT AUX FONDATIONS A L'AIR COMPRIMÉ

DU BASSIN DE MISSIÉSSY A TOULON

PAR LE DOCTEUR MICHEL
MÉDECIN DE PREMIÈRE CLASSE

Le 27 août de cette année, j'ai reçu l'ordre de me rendre sur le chantier de construction de Missiéssy pour essayer de me rendre compte des accidents survenus parmi les ouvriers employés aux travaux de fondation à l'air comprimé.

L'étude que j'ai pu faire, dans le trop court intervalle de temps dont j'ai pu disposer, c'est-à-dire du 27 août au 1er novembre, est bien incomplète, et j'ai le regret de laisser dans l'ombre bien des questions intéressantes que je n'ai pas même pu effleurer; j'aurais voulu, au moins, les poser, sinon les résoudre.

Nature des travaux de Missiéssy. — Le but de ces travaux est de relier le fond du premier bassin de radoub de Missiéssy au sol sous-marin; il est bien entendu que ce sol est convenablement préparé par un dragage préalable.

Ce bassin de radoub, œuvre considérable et encore unique en son genre, est presque terminé dans les parties essentielles. Il ne manque que du remplissage et le parement en moellons piqués[1].

Il a été construit dans l'intérieur d'une caisse flottante rectangulaire en tôle, mince de 6 à 7 millimètres d'épaisseur. La forme de cette caisse est maintenue invariable par des poutres et des arcs-boutants très multipliés, destinés à être noyés dans la maçonnerie : Celle-ci, épaisse de 5 mètres environ, dans le fond, a, sur les côtés, une épaisseur diminuant depuis 8 mètres jusqu'à 6 mètres, et, à 5 mètres de bas en haut Comparée aux dimensions de la maçonnerie, l'enveloppe en

[1] Les moellons sont taillés et en ordre sur le rivage.

tôle, figurée sur la planche I, annexée à cette étude (et qui est faite d'après un modèle donné par M. le conducteur des ponts et chaussées Cugit), par un simple trait noir, n'est, à proprement parler, qu'un vernis isolant capable, tout au plus, d'empêcher les infiltrations au travers de la maçonnerie.

Le petit côté sud est formé par un batardeau en fer non recouvert de maçonnerie; il est en avant de la rainure du bateau-porte qui doit fermer le bassin dès qu'il sera terminé.

La longueur du bassin est de 144 mètres, et sa largeur, de 14 mètres; la hauteur est de 19 mètres, à partir du tranchant inférieur des parois latérales de la tôle d'enveloppe, et de 17^{m},20 à partir du plafond.

Mais ce n'est pas d'emblée qu'il a eu cette hauteur. Au début, le caisson était peu élevé, et ce n'est qu'au fur et à mesure que la maçonnerie plus lourde, le faisait descendre dans l'eau, qu'on l'a exhaussé par l'addition d'un certain nombre de tôles (qu'on maintenait par des hausses ou des arcs-boutants), jusqu'au moment où il a rencontré le sol sous-marin.

Le plafond est situé à 1^{m}.80 du bord inférieur des parois latérales.

Il y a donc, en dessous du grand bassin en tôle, un autre bassin plat renversé. C'est cet espace inférieur qui va être vidé de l'eau qu'il contient par l'insufflation de l'air comprimé, qui sera rempli du béton qui doit le souder au sol. Pour la commodité du travail, et pour plus de solidité, on l'a divisé par des cloisons transversales, au nombre de 17 (que j'ai indiquées par des numéros de 1 à 17 au-dessous de la coupe longitudinale de la planche I), en 18 compartiments. Les bords libres de ces cloisons et les bords inférieurs de ces parois latérales sont renforcés par une bande de tôle de 27 centimètres de hauteur et de 18 millimètres d'épaisseur. Ils constituent ce qu'on appelle, en langage technique, des couteaux.

On comprend que le bassin de radoub, qui ne pèse pas beaucoup plus que l'eau qu'il déplace au moment même où il arrive en contact avec le fond de la mer, ne doit plus charger que fort peu, à partir de ce moment; sinon, les couteaux entreraient profondément dans le sol, et à des profondeurs d'autant plus considérables, que celui-ci offre moins de résistance. Ce sol est formé par du safre et de l'argile entourant de larges noyaux de poudingue. En somme, l'emplacement choisi est tel,

que le terrain dur est disposé de façon à former une espèce de trépied dont le centre passera à peu près au centre de gravité du bassin. Mais, d'un bord à l'autre, la résistance rencontrée par les couteaux varie assez pour que le côté de l'est soit descendu plus bas que le côté de l'ouest de 10 centimètres environ. Le sol dur, la roche formée par le calcaire coquillier du trias, est beaucoup trop profondément placée pour qu'on ait pu songer à faire reposer les fondements directement sur elle.

Ces notions préliminaires permettent de comprendre facilement que l'échouage est le moment critique de l'opération. Tant que le bassin est à flot, il n'a rien à craindre : Le vent n'a aucune prise sur lui, par la raison que les bords ne dépassent que fort peu la surface de la mer, et la mer, dans cet endroit, ne peut jamais être assez forte pour amener des déplacements notables. Il n'en est pas de même lorsque l'immense navire est échoné, parce qu'il faut le charger assez pour que la marée ne puisse pas le faire remonter, et assez peu pour que les couteaux ne pénètrent pas trop profondément et trop inégalement. La marée est bien faible à Toulon : elle est souvent annihilée par le vent, mais aussi elle peut être favorisée par lui, et les différences entre les hautes et les basses marées peuvent atteindre jusqu'à 25 centimètres. On a donc dû apporter les plus grands soins à cette partie de l'opération. Il était indispensable de disposer chaque partie de la muraille de maçonnerie, de façon à la maintenir en équilibre entre la poussée de la mer et son propre poids. C'est pour cette raison qu'on a ménagé entre les contre-forts et les arcs-boutants de la maçonnerie un certain nombre de cavités qu'on peut lester ou délester suivant le besoin. De plus, il fallait maintenir toutes ces parties à la même hauteur, sous peine de voir s'effondrer tout le système.

Aussi, les mensurations et les nivellements répétés à toute heure, de jour et de nuit, accusaient-ils à peine des déviations de quelques millimètres qu'immédiatement un contrepoids, prudemment calculé, venait y remédier. Voici donc le bassin échoué sur le fond, et en bonne position. Il s'agit de le fixer le plus promptement possible, en remplissant de béton les 18 compartiments, encore pleins d'eau, qui se trouvent situés sous la maçonnerie du fond.

Il s'agit maintenant d'expliquer comment on va s'y prendre.

Chaque compartiment ou caisson (car tel est son nom) porte, sur trois points de sa paroi supérieure, trois tubes de plus de 1 mètre de diamètre, soit 1^{m},07. Ces trois tubes sont entourés par la maçonnerie et la dépassent. Ils sont formés à leurs extrémités par deux plaques en fer; l'une, l'inférieure, est maintenue par des tiges taraudées qu'on peut dévisser d'en haut. Cette plaque est bordée de caoutchouc, et peut s'ouvrir de haut en bas, une fois les retenues enlevées.

On comprend facilement qu'en outre des retenues, cette plaque est maintenue par la pression de l'eau.

L'autre plaque, moins nécessaire est simplement destinée à protéger la première; elle obture l'extrémité des tubes précités. De ces trois tubes, l'un doit servir à l'introduction des hommes pendant une grande partie des travaux, à l'introduction des hommes et des matériaux à la fin des travaux du caisson; les deux latéraux, à l'introduction de matériaux seulement. Chacun de ces tubes est destiné à supporter une espèce d'écluse à air comprimé. L'écluse centrale, à double sas, s'appelle la cloche, les écluses latérales, les bétonnières. — Le tube central contient des échelons en fer pour permettre l'ascension et la descente. La cloche termine le tube central à sa partie supérieure[1]. Elle a la forme d'un renflement cylindrique à base elliptique, avec deux ailes en croissant; elle renferme trois compartiments, un central et deux latéraux. Le compartiment central s'adapte sur le tube et se continue directement, par une ouverture de 50 centimètres sur 80 centimètres, en forme d'ellipse avec lui. Il est terminé supérieurement en cul-de-sac; sur le côté, sont percées deux ouvertures rectangulaires suffisantes pour permettre le passage d'un homme. La base inférieure, percée d'un trou, au centre, pour l'insertion du tube central, constitue, dans le reste de son étendue, une petite plate-forme qui borde cette ouverture, et permet aux hommes qui pénètrent dans le caisson de se tenir debout et de s'insinuer plus commodément dans l'ouverture du tube central, que je désignerai plus brièvement par son nom de cheminée. La base supérieure est percée par un petit trou sur lequel est monté

[1] Voy. les planches III (fig. 1 et 2) et IV, où sont figurés le plan, l'élévation et deux coupes qui ont été copiés avec soin dans le bureau de M. l'ingénieur Langlois, sur un dessin fait par M. Cugit.

un manomètre destiné à mesurer la pression de l'air qu'on y injecte. A droite et à gauche se trouvent deux renflements cylindriques, constituant les sas. Leur base est en forme de croissant; elles ont, pour parois latérales, les deux tiers d'une circonférence d'un rayon de 65 centimètres environ qui s'applique et s'insère au moyen de forts et nombreux boulons sur les parois latérales (formant un cylindre d'un plus grand rayon), du compartiment central. La cavité qu'elles circonscrivent est en communication avec le compartiment central et avec l'extérieur par quatre ouvertures, deux grandes, fermées par les portes, et deux autres fermées par les robinets.

Ainsi donc, chaque sas est muni de deux portes semblables, et s'ouvrant, toutes les deux, de dehors en dedans. Ces portes ont des bourrelets en caoutchouc, permettant une fermeture hermétique. En outre, dans chaque sas se trouvent deux robinets, l'un faisant communiquer les sas avec l'extérieur, l'autre avec l'intérieur du tube central[1]. (Voir planche III (fig. 1) — *Élévation*). — Pour terminer la description, ajoutons que les parois du compartiment central portent une forte tubulure en fer de 12 à 15 centimètres de diamètre, à laquelle aboutit un tube en toile caoutchouquée dont les parois sont très épaisses et de même calibre.

Ce tube amène l'air comprimé fourni par les machines soufflantes. Il est terminé, à son entrée dans la cloche, par une soupape en fer bordée d'un bourrelet de caoutchouc. La cloche porte également un arbre de transmission dit télédynamique, qui consiste tout uniment dans un axe passant dans les parois de la cloche, et maintenu, par une presse-étoupe, à son passage, pour empêcher toute fuite de l'air comprimé à ce niveau. Sur cet axe se trouvent, à l'extrémité extérieure, un tambour qui peut être mis en mouvement par la vapeur, et, à l'intérieur, un autre tambour qui peut, à volonté, être mis en contact avec un treuil. Cet appareil peut servir à l'extraction des déblais; mais, il est resté sans usage, tous les déblais liquides ou demi-liquides ont pu être extraits par la pression de l'air. — Les machines soufflantes sont actionnées par des locomobiles de 18 chevaux environ; elles fournissent assez d'air

[1] Les sas et les cloches reçoivent du jour par des verres lenticulaires épais, encastrés dans le plafond. (Voy. les deux planches III et IV, plan et coupes.)

pour épuiser un caisson de 590 mètres cubes en 12 heures 20 minutes, à la pression de 2 atmosphères 7, en donnant 40 coups doubles de piston par minute. L'air est puisé au dehors, directement. On sait que la compression a pour effet d'échauffer l'air considérablement : on a remédié en partie à cet inconvénient, en entourant le corps de pompe soufflant d'un manchon rempli d'eau de fontaine constamment renouvelée, et en faisant arriver un filet d'eau fraîche dans l'intérieur des corps de pompe à chaque aspiration du piston. De cette façon, l'eau est rafraîchie par le contact direct et par le passage d'une partie de l'eau à l'état de vapeur qui sature l'air, à laquelle elle se mêle.

Les bétonnières qui surmontent les tubes latéraux sont des écluses à un seul sas. Les portes sont disposées l'une en haut et l'autre en bas, horizontalement ; elles ont aussi deux robinets, qu'on manœuvre de l'extérieur.

Voyons, maintenant, comment on évacue le caisson.

Un certain nombre d'hommes, pénétrant dans la cloche, descendent jusqu'au niveau de la première plaque en tôle qui bouche l'extrémité supérieure du tube préfixe, qu'ils déboulonnent; alors on peut arriver sur la deuxième plaque, dont on enlève les retenues. La pression de l'eau empêche d'abaisser cette seconde plaque, qui ferme hermétiquement, à cause de ses rebords en caoutchouc. Alors, les machines soufflantes, actionnées par la vapeur, injectent de l'air dans la cloche, dont on a fermé les ouvertures, grandes et petites; la pression monte de plus en plus, et finit par contrebalancer la poussée de l'eau sur la plaque qui empêchait l'air de pénétrer dans le caisson. Cette plaque tombe au fond, et l'air, pressant sur l'eau du caisson, la refoule, et la force à passer sous les couteaux. Mais il n'y a pas seulement de l'eau, il y a aussi une forte couche de vase, dont la ténacité croît de haut en bas. Cette vase mastique les abords des couteaux, et empêche l'eau de fuir. On est obligé, pour remédier à cet inconvénient, de faire l'évacuation au moyen d'un siphon, qu'on fait plonger dans le liquide. En outre, des scaphandriers descendent le long de la muraille extérieure, et pratiquent sous les couteaux, dans la vase, une ouverture plus ou moins large, qu'on entretient béante jusqu'à complète évacuation du déblai. Quand le caisson est vidé, les hommes y pénètrent en grand nombre par

la cheminée, et commencent à disposer sur le sol des pierres sèches, qu'on leur passe par les bétonnières. Pour pénétrer dans le caisson, les hommes procèdent de la manière suivante : ils pénètrent, en plus ou moins grand nombre, dans un sas, et ferment la porte et le robinet extérieur. Ils ouvrent alors le robinet intérieur. L'air comprimé fait irruption dans le sas, et augmente progressivement la pression jusqu'à ce qu'elle fasse équilibre à la pression du caisson et de la cheminée. Alors, la porte intérieure peut s'ouvrir facilement. On fait pénétrer les matériaux dans le sas des bétonnières, puis dans le caisson, exactement par le même procédé. Remarquons qu'au début du travail les ouvriers occupés à faire l'empierrement travaillent dans l'eau. Ce n'est que lorsque l'empierrement est terminé qu'ils peuvent ne pas se mouiller les pieds. A ce moment, le travail consiste à projeter le béton qui est amoncelé au-dessous des bétonnières à l'extrémité correspondante du caisson. Les hommes ramassent le béton à la pelle, et le portent aussi loin qu'ils peuvent, par un effort de projection. Ce travail continue jusqu'à ce que tout l'intervalle compris entre les bétonnières et le bout du caisson soit rempli. Alors, on obture les côtés, et on rétrécit de plus en plus la cavité centrale dans laquelle manœuvrent les hommes. Quand cette cavité est réduite à un étroit passage, on cesse d'introduire les matériaux par les bétonnières; on les introduit par la cloche et la cheminée centrale jusqu'à complète oblitération. Le travail du caisson est alors terminé.

Pendant toute la durée du travail, les machines soufflantes fonctionnent continuellement, et injectent un excès d'air, qui entretient une atmosphère passable. Mais les bougies, employées pour l'éclairage, ont l'inconvénient de fumer beaucoup : les hommes absorbent une quantité prodigieuse de noir de fumée. Folëy cite un certain nombre de gens ayant craché noir pendant plus d'un an. Les anciens ouvriers, que j'ai interrogés, m'ont affirmé qu'ils avaient eu des crachats noirs pendant plusieurs mois, mais sans autres inconvénients. L'air injecté pénètre par la partie centrale, et se divise en deux courants, un vers chaque extrémité du caisson, en suivant une diagonale pour s'insinuer au-dessous des couteaux. Il remonte ensuite en bouillonnant le long des parois; mais tout l'air ne passe pas par là, une grande partie va s'insinuer dans les cais-

sons latéraux et en chasse l'eau. Cette substitution de l'air comprimé à l'eau est un grand inconvénient, parce qu'elle augmente considérablement la poussée verticale dans une mesure qui n'a pas pu entrer en ligne de compte. Pour remédier à cet inconvénient, on a déposé, au sommet des tubes, des caissons latéraux, des robinets, qu'on ouvre de temps en temps pour donner issue à l'air.

Cette opération exige beaucoup d'attention de la part des ouvriers qui en sont chargés. Il suffit d'une négligence de quelques heures pour que le bassin soit exposé à un soulèvement en masse. C'est ce qui a eu lieu le 13, à 5 heures du soir. L'extrémité nord du bassin s'est soulevé brusquement de 10 centimètres environ, et les travaux ont dû être interrompus.

Cette interruption limite une période de travail de 25 jours, qui a fait l'objet de ma première observation. J'ai recueilli, pendant tout ce temps, autant d'observations thermométriques qu'il m'a été possible de le faire à l'extérieur, dans le sas et dans la chambre de travail.

Ces observations sont mentionnées dans un tableau annexé à mon étude. En regard, j'ai noté le nombre d'hommes employés dans chaque porte, de 6 heures de travail et le nombre d'accidents dus à l'air comprimé[1]. Nous verrons ci-après quelles déductions on peut faire de ces données. Avant de relater les accidents éprouvés par les ouvriers de Missiéssy, travaillant de la manière ci-dessus indiquée, je dirai quelques mots sur les effets physiques et physiologiques si remarquables déterminés sur l'homme sain et malade qui se soumet à la compression, et les phénomènes non moins remarquables déterminés par la décompression qui se produisent pendant qu'elle s'opère, et qui se prolonge quelques heures après.

Avant de faire cette étude sur moi et sur les ouvriers, j'avais lu à la Bibliothèque les ouvrages traitant ce sujet : j'ai été heureux d'y rencontrer le livre de Foley, (*Du travail dans l'air comprimé, étude médicale, hygiénique et biologique fait au*

[1] Le total des heures de travail dans l'air comprimé s'élève, pour le bassin n° 1 de Missiéssy, à 103,661 heures. Le nombre d'hommes ayant supporté les influences du travail dans l'air comprimé pendant un laps de temps plus ou moins long, s'est élevé à 643 hommes : de ce nombre, 2 sont morts à l'hôpital, 48 sont entrés à l'hôpital, 123 ont séjourné à l'infirmerie du chantier. 13 janvier 1880
(*Le Directeur des travaux hydrauliques*, RAOULT.)

pont d'Argenteuil). Ce livre est excellent au point de vue pratique; mais les explications théoriques m'ont beaucoup moins satisfait et m'ont paru quelquefois inadmissibles. En compensation, ses prescriptions m'ont donné d'excellents résultats et m'ont évité bien des tâtonnements.

Je dois citer ensuite l'article *Atmosphère*, du *Dictionnaire encyclopédique*, par Gavarret; l'article *Scaphandre*, de notre confrère Layet; le beau livre de Jourdanet, *Sur les altitudes et les effets de la pression de l'air;* les observations de Guichard (Voyez *Journal de Robin*, n° 5, 1875, page 476 et suivantes). Enfin, différents opuscules de Pravaz, et quelques articles des *Annales d'hygiène publique*, forment tout mon bagage bibliographique. Quelques auteurs qui ont traité ce sujet, manquent à la Bibliothèque, et ont été demandés.

Mais, disons d'abord un mot sur l'organisation du travail et des conditions qui sont faites aux ouvriers.

Les hommes embauchés doivent travailler douze heures par jour dans les caissons, en deux fois. Ils descendent, par exemple, à 6 heures du matin et remontent à midi; de midi à 6 heures du soir, ils mangent et se reposent, puis redescendent de 6 heures à minuit. Sous la cloche, ils sont éclairés par des bougies fumeuses, ce qui leur fait absorber une grande quantité de noir de fumée. Pour pénétrer dans la cloche et en sortir ils s'entassent 7 au moins et s'éclusent à toute volée; il en est de même pour sortir. Nous verrons que ces conditions ont quelques inconvénients que nous avons essayé de faire disparaître. Le travail des hommes est payé 15 sous l'heure, ce qui permet aux hommes de gagner 9 francs par jour et de se nourrir convenablement. Mais c'est ce qui les invite souvent à *faire la noce*. Les hommes subissent une retenue sur leur solde, qui sert à payer une prime d'assurance contre les accidents qu'ils sont exposés à subir.

Il faut bien avoir ceci présent à l'esprit quand on les interroge, parce qu'ils sont intéressés à cacher certains faits anamnestiques qui pourraient les faire taxer de négligence et faire contester leur droit à une indemnité.

ACCIDENTS

SURVENUS CHEZ LES TRAVAILLEURS A L'AIR COMPRIMÉ.

Étiologie. — Nous divisons les causes des accidents en deux chapitres.

1° Causes premières, comprenant l'action proprement dite de l'air comprimé, physique et physiologique sur l'homme sain et sur l'homme malade.

L'action de la décompression.

(Nous n'avons pas à nous occuper, ici, de l'influence du degré de la compression. — Pendant tout le temps du travail, la pression s'est maintenue à la hauteur que nécessite la colonne d'eau mesurée par la différence entre le tranchant des couteaux et le niveau de la mer; c'est à-dire entre 2 atmosphères 7 à 8 dixièmes; elle est donc restée, à bien peu près, constante : d'ailleurs, la variation de niveau produite par la marée et les vents sont trop irréguliers pour être appréciés.)

L'action de l'air comprimé sous de hautes pressions.

2° Les causes secondes, que je divise en prédisposantes et déterminantes.

Les causes prédisposantes sont : la distribution du travail, le régime habituel, les mœurs et l'habitation, la profession, l'idiosyncrasie et la constitution, le tempérament, l'âge et la saison.

Parmi les causes déterminantes, je comprends celles qui agissent au moment du travail. ou peu après, savoir :

La pureté de l'air aspiré, la rapidité de l'éclusement et le nombre de personnes qui pénètrent simultanément dans l'écluse, — la température de la cloche et du caisson, et les variations subies en entrant et en sortant, — les passions, — les maladies et la fatigue actuelles et contractées : 1° avant le travail ; 2° pendant le travail.

Nous examinerons, enfin, les effets produits par un long travail sous les caissons. — Effets éloignés.

Action de l'air comprimé sur l'organisme sain.

Cette action est physique ou physiologique. Examinons d'abord l'action physique.

Tout organisme composé de solides et de liquides ne doit pas changer de volume lorsque la pression augmente ou diminue. — Le corps humain n'est pas dans ce cas-là. Il renferme un grand nombre de cavités remplies par des gaz : les sinus de la tête, les poumons et l'abdomen. Mais, la pression augmentant dans l'intérieur des cavités qui communiquent avec l'extérieur, il ne peut y avoir de changement de volume dans la tète et dans la poitrine, et par conséquent aucun effet appréciable au point de vue purement physique. Il n'en est pas de même de la cavité abdominale, qui doit évidemment se déprimer.

L'homme sain, ignorant des conditions nouvelles qui lui sont faites, et, d'ailleurs, familiarisé avec les appareils, ne paraît pas se douter des changements énormes dans la pression atmosphérique, tout au plus s'il remarque que la voix paraît modifiée et le goût moins actif. L'observateur à la recherche des modifications produites est très étonné d'en trouver si peu.

Nous allons exposer, sous la rubrique *Action physique*, les effets produits sur les sens, et que j'attribue volontiers à la gène produite par la compression sur les mouvements vibratoires des nerfs.

La modification de l'ouïe est très remarquable : la voix devient ou paraît devenir métallique ; les vibrations complexes qui constituent le timbre individuel deviennent simples, pendulaires, comme disent les physiciens.

La modification sur le goût est aussi très remarquable. Les ouvriers savent que le tabac est insipide. D'après Foley, le toucher est aussi modifié. Je n'ai pas pensé à en faire l'expérience.

Ces effets se produisent non subitement, mais progressivement, à mesure que l'air comprimé fait irruption dans le sas. En même temps, la température extérieure augmente rapidement, la sensation de chaleur est beaucoup plus intense que ne pourrait le faire supposer l'élévation du thermomètre. Cet effet peut provenir 1° de ce que, tout à fait au début, la détente de l'air de la cloche commence par faire baisser la tem-

pérature de l'espace limité par le sas avant de l'élever jusqu'au niveau qu'elle a atteint dans la cloche, ce qui rend la transition plus subite; 2° de ce que l'air comprimé est saturé d'humidité; 3° enfin, de l'altération rapide de l'air contenu dans le sas, dont la capacité cubique est de 2 mètres cubes seulement, par suite de l'accumulation de l'acide carbonique expiré. Les oreilles sont toujours un peu pressées, de dehors en dedans, parce que la trompe d'Eustache admet moins facilement l'air que le conduit auditif externe. On est souvent obligé de faire des efforts de déglutition pour rétablir l'équilibre. La théorie nous apprend que les articulations sont pressées plus fortement les unes que les autres; pourtant, aucune sensation n'est le résultat de cette action augmentée.

Cet effet doit se produire partout où deux surfaces glissent, les unes sur les autres, sur les ligaments, les tendons, les muscles, les aponévroses, etc.

Les aréoles de la peau doivent aussi être pressées les unes sur les autres, et opposer plus de résistance aux efforts qui la plissent et la déplacent. Cet effet ne se traduit qu'aux lèvres par l'impossibilité où on est de siffler. La compression des vaisseaux et du sang qui y est renfermé ne produit aucun fait appréciable; et cela doit être ainsi, puisque les solides et les liquides sont incompressibles, que les pressions se font partout équilibre, et que le cœur, situé entre le thorax et les poumons, éprouve une pression égale à celle que supportent les membres. Tout au plus le sang, pressé dans les vaisseaux, pourrait-il développer un peu plus de chaleur par suite de l'augmentation des frottements : ce qui est certain, c'est que l'entrée dans le sas donne une sensation de chaleur étouffante qui paraît hors de proportion avec l'élévation réelle de la température, et qui pourrait tenir, en partie, à ce motif. Les cavités pleines d'air, l'oreille moyenne, les sinus mastoïdiens, les sinus sphénoïdaux, les cellules ethmoïdales, les sinus frontaux et maxillaires communiquant avec l'extérieur par des ouvertures béantes ou faciles à ouvrir par le fait de la contraction des muscles péristaphylins, n'éprouvent aucun inconvénient fâcheux. La poitrine, naturellement, se met en équilibre très facilement. On pourrait croire, et je ne m'explique pas encore ce fait, que le ventre, contenant pas mal de gaz, dût être déprimé sensiblement. Je ne l'ai pas constaté, et Foley, dans son

livre, prétend que cet effet ne se montre qu'à la sortie, ce qui est contre la théorie et suppose une action physiologique directement contraire et quelquefois supérieure en effets.

Tels sont les différents effets physiques que l'on peut relever. Je place, parmi les effets physiques, l'action sur les organes des sens, comme j'ai tenté de le démontrer.

Action physiologique.

Cette action est plus difficile à analyser : je ne ferai que l'esquisser ; le temps et les données me manquent pour le faire complètement.

L'air comprimé, admis dans les poumons, se dissout en plus grande quantité dans le sang. Les phénomènes d'échange gazeux sont, paraît-il, un peu modifiés : non seulement la densité des gaz dissous augmente, mais encore les rapports de l'acide carbonique expiré et de l'oxygène absorbé se modifient (Jourdanet, *des Altitudes*). Il paraît qu'au fur et à mesure que la pression augmente l'acide carbonique disparaît moins facilement du sang, autrement dit, s'accumule dans le sang; il est vrai que l'oxygène y arrive plus dense et s'y dissout en plus grande quantité.

Cependant, cette quantité ne serait pas proportionnelle à la densité nouvelle du gaz [1]. Les phénomènes physiques sont ici modifiés par l'affinité du globule pour l'oxygène. Cette affinité, qui empêche les basses pressions de devenir trop promptement mortelles, en tirant parti de la plus grande portion de l'oxygène, sauf un résidu de 5 pour 100 (chiffre indiqué : de 4 à 5 — Bert), produit ici un effet inverse, et s'oppose à ce que la proportion de l'oxygène dissous croisse trop rapidement. Nous savons, par les expériences de Bert, que ce n'est pas en vain qu'on fait pénétrer une trop grande quantité d'oxygène dans le sang; il est impossible de ne pas admirer avec quelle sollicitude nous sommes défendus, par les propriétés de nos organes, contre les causes nombreuses de destruction qui nous entourent. L'azote se dissout en plus grande quantité, et d'autant plus que l'atmosphère est plus condensée, autrement dit, le rapport de l'azote dissous et de l'azote de l'air est constant.

[1] La quantité d'oxygène qui se dissout augmente d'une façon absolue, mais le rapport de cette quantité à la quantité d'oxygène contenue dans l'air diminue à mesure que la pression augmente.

L'excès du gaz dissous détermine une modification telle des centres respiratoires et moteurs du cœur, que les mouvements de la paroi thoracique et la circulation se ralentissent. Il n'était pas besoin, en effet, que le rythme normal fût conservé. Le sang est assez oxygéné pour que son passage à travers les capillaires ne puisse le faire changer de couleur. Cela se constate dans les cas malheureusement trop fréquents où les ouvriers se font des blessures graves dans la cloche; d'ailleurs, il est facile de s'assurer que, malgré la diminution de la respiration, il ne pâlit pas dans la cloche. J'ai eu trop peu de temps pour m'assurer, par l'application du sphygmographe, de la modification produite sur le pouls; mais j'ai pu constater, comme les auteurs, que celui-ci s'efface graduellement sous le doigt à mesure que la compression se fait. Resterait à expérimenter sur les ouvriers et s'assurer que l'émotion n'est pour rien dans cet effet.

Il est évident que la tension du gaz est, en ce moment, loin de présenter le danger qu'elle détermine au moment où l'homme sort de l'écluse, par la raison bien simple qu'elle est largement compensée par la pression qui s'exerce sur la surface du corps.

Est-ce l'action excitante de l'oxygène ou de l'acide carbonique en excès, qui détermine le fonctionnement exagéré des glandes sudoripares, ou tout simplement l'état hygrométrique d'une atmosphère dense et saturée de vapeur d'eau qui rend l'absorption aqueuse plus facile, et, en empêchant l'évaporation cutanée, rend la sueur abondante? Je ne sais; peut-être les deux effets se supportent-ils. Ce qu'il y a de certain, c'est que, longtemps après être sorti de l'air comprimé, on sue par bouffées, pour ainsi dire, et sans provocation, pendant toute la journée.

J'ai lu, dans Foley, que les forces paraissent augmentées : mon ami Erdinger[1] et moi n'avons rien remarqué de particulier à ce sujet. J'aurais voulu faire des expériences avec le dynamomètre pour élucider ce point : les ouvriers les plus intelligents, que j'ai interrogés, n'ont pu constater que leur force fût plus grande dans l'accomplissement de leur tâche.

L'appétit est habituellement augmenté chez les hommes qui n'ont pas éprouvé d'accidents et qui dorment convenablement.

[1] Qui m'a assisté dans quelques-unes de mes expériences.

La soif est diminuée par l'effet de la saturation de l'air par la vapeur d'eau.

Les sécrétions ne paraissent pas modifiées comme elles le seront après le déséclusage.

Les uns suent beaucoup, et plus qu'à l'état normal; mais j'en ai vu un certain nombre qui suaient très peu dans le caisson.

Action produite sur l'homme sain par le passage de l'air comprimé à l'air libre.

Nous voici de nouveau dans le sas, la porte intérieure fermée. Nous ouvrons le robinet extérieur : l'air sort violemment, et nous sentons le milieu dans lequel nous sommes plongés se rafraîchir rapidement. Les oreilles sont le siège d'un bruit particulier produit par l'issue de bulles d'air, par la trompe d'Eustache. Si la décompression se fait très rapidement, le refroidissement est de 10 à 15 degrés, et la vapeur d'eau se précipite brusquement en formant un brouillard intense. On peut éviter cet effet par un déséclusage très lent, et on n'obtient pas de refroidissement, probablement par le calorique qu'on ajoute au milieu très étroit dans lequel on se trouve, et qui renferme un ou plusieurs hommes dans une capacité de 2 mètres cubes environ.

Ajoutez encore l'échauffement produit par les parois de la cloche, et on comprendra facilement qu'il soit possible de ne pas éprouver de froid en se déséclusant.

Quand on ouvre en plein le robinet, la décompression se fait en *deux* minutes dans la cloche n° 2; mais elle se faisait beaucoup plus rapidement dans la cloche n° 1. Les ouvriers qui ignorent le danger de la décompression brusque, et qui, d'ailleurs, sont préservés du froid par leur nombre même (on m'a assuré que, dans cet espace de 1 mètre carré, ils ont pu s'entasser jusqu'à 11 ; ils entrent et sortent habituellement de 6 à 7 à la fois), ne prennent pas la moindre précaution, et se décompriment à toute vitesse. La gêne respiratoire qu'ils éprouvent dans l'enceinte étroite où ils se trouvent est telle, que quelques ouvriers se refusent à entrer avec leurs camarades, sous le prétexte que ceux-ci n'ouvrent pas le robinet à plein canal.

A peine au dehors, on éprouve comme un soulagement; on respire plus légèrement et à pleins poumons. Cet effet se produit-il chez d'autres que chez les novices, et est-ce autre chose qu'un effet moral? Généralement, on sue : chez quelques-uns, la peau paraît très rouge. Mon ami E.... était tout ruisselant de sueur. Quand le temps est clair et chaud, l'excitation produite par la suroxygénation du sang[1] continue pendant quelque temps et se traduit par la sueur survenant brusquement sans raison apparente.

Pour ma part, j'ai éprouvé une fatigue légère après la première séance, et une demi-courbature la seconde fois. Il me semblait que nos articulations étaient devenues beaucoup plus lâches qu'avant. Le docteur E...., qui est descendu avec moi, n'a éprouvé que la sueur et une grosse fatigue.

Les hommes habitués au travail entrent et sortent sans éprouver de sensation assez forte pour attirer leur attention. Ils sont fatigués par leur travail; mais c'est tout. Nous savons, depuis les expériences de Paul Bert, que les animaux décomprimés, et qui ont présenté des accidents, ont présenté des gaz libres dans le sang, dans les tissus et dans les humeurs. Nous savons que ces gaz sont composés d'acide carbonique et d'azote : ce n'est donc pas une hypothèse gratuite, que d'admettre que l'homme décomprimé a dans ses artères et dans ses veines du sang renfermant des gaz à une haute pression, et que ces gaz ne sont maintenus en dissolution que par un effet tonique des parois vasculaires venant compenser l'insuffisance de la pression atmosphérique normale. C'est cette notion fondamentale qui est la clef des phénomènes physiques et morbides qui se passent chez l'homme décomprimé.

Considérons d'abord les premiers. La circulation, réduite au minimum dans la cloche, s'accélère au contact de l'air extérieur, la respiration aussi. Les gaz du sang pulmonaire font irruption dans les vésicules et se mettent rapidement en équilibre de pression. C'est peut-être ce qui cause ce sentiment de trop-plein de la poitrine et de légèreté de la respiration. La circulation se fait assez rapidement pour que, pendant la durée d'un déséclusage très lent, l'excès de gaz ait disparu en

[1] Et probable par l'excès d'acide carbonique qui est maintenu dans le sang par l'excès de pression.

grande partie. Mais, si la décompression est brusque, le sang se trouve surchargé de fluide prêt à reprendre l'état gazeux ; et malheur à l'homme s'il a un organe malade ou congestionné dans lequel les vaisseaux ont perdu de leur *force tonique.* C'est sur lui que se déchargera le trop-plein, c'est lui qui sera fatalement lésé.

La peau est le siège d'un échange gazeux comme le poumon; il n'y a rien d'étonnant qu'elle vienne prêter son aide à celui-ci pour débarrasser le sang d'un excès de gaz si dangereux. Il est facile de s'assurer que les fonctions de la peau sont fortement activées, et qu'elle est, même chez les gens qui suent peu, turgescente, et couverte d'une transpiration abondante.

Action exercée par l'air comprimé sur l'homme malade.

Il ne s'agit pas ici de passer en revue tout le cadre de la pathologie. Je dirai seulement que l'action brusque de la compression doit être pénible chez les hommes sujets à des congestions cérébrales, à cause de l'intensité de l'impression de chaleur.

Les hommes atteints de rhume de cerveau sont obligés de renoncer à travailler dans les caissons, sous peine d'accidents graves lorsque les sinus et les trompes sont oblitérés par du mucus.

Si cette oblitération n'est pas complète, la pénétration de l'air a lieu, mais au prix de douleurs plus ou moins vives qui se font sentir sur le trajet des nerfs de la face sus et sous-orbitaire, frontaux, branche mastoïdienne, etc., c'est-à-dire sur les nerfs qui avoisinent les sinus. Lorsque la compression des sinus se produit, elle peut causer des douleurs sourdes et du vertige, comme cela m'est arrivé la seconde fois que je me suis éclusé. La première fois, l'éclusage avait été parfaitement supporté ; mais l'effet consécutif avait été de provoquer une sécrétion abondante de sueur à la peau et de mucus dans les fosses nasales.

Je fus obligé de renoncer, à mi-pression, et de ressortir : j'éprouvais une douleur sourde et térébrante au front et à la racine du nez, et des sensations de vertige.

Le lendemain, j'essayai de nouveau, après m'être rendu

compte de la cause de mon accident de la veille. Je procédai plus lentement, et je parvins à m'écluser entièrement sans trop souffrir. Mais, au moment où la porte intérieure s'ouvrait, j'entendis un sifflement violent dans ma tête, et je fus immédiatement soulagé : le vertige et la céphalalgie disparurent subitement.

J'ai observé des accidents chez plusieurs ouvriers qui sont certainement dus à l'action physique exercée par l'air comprimé sur les parois externes des sinus oblitérés par le coryza.

Tous les ouvriers qui s'éclusent, étant enrhumés, éprouvent des douleurs très violentes et très durables; quelquefois, lorsque le coryza est unilatéral, ils ne souffrent que d'un côté.

Je crois que la pression peut arriver jusqu'à produire la fracture des sinus, et c'est à un effet de ce genre que j'attribue cette persistance des douleurs dans l'observation citée plus haut.

J'ai lu que l'air comprimé peut modifier, dit-on, avantageusement la surdité chez un ouvrier sourd; il n'y a eu aucune modification de l'ouïe pendant le séjour dans les caissons; il souffrait seulement des oreilles. La pression exerce une influence très avantageuse sur les hémorrhagies du poumon : d'après Foley, elle les arrête instantanément, et peut, en dégorgeant les parois des cavernes, produire leur cicatrisation. Il cite l'exemple d'un ouvrier qui s'est guéri par suite d'un long séjour dans les tubes, et qui avait des signes certains de phthisie pulmonaire arrivée au troisième degré (*une énorme caverne*).

Je connais un homme qui est atteint d'hyperkinésie du cœur, et qui est employé à l'extérieur. Il n'a jamais pu descendre, mais je ne sais quelle est la part qu'il faut faire à l'air comprimé. Je suis porté à croire que l'action de l'air comprimé ne peut nuire aux plaies, aux inflammations, aux congestions aiguës ou chroniques; elle peut être utile par la sédation de la circulation et par l'oxygénation du sang, qui probablement a pour effet de stimuler les vaisseaux engorgés, paralysés par la congestion ou formés par des tissus en voie de formation, autrement dit homœoplastiques, suivant le langage des anatomo-pathologistes embryonnaires.

Le malheur, c'est qu'on ne puisse pas vivre jusqu'à com-

plète guérison dans un milieu aussi favorable, et que le retour aux conditions ordinaires soit une compensation désastreuse du bénéfice transitoire qu'on a pu obtenir.

Mais les maladies où l'action de l'air comprimé est réellement un bienfait, ce sont précisément les accidents causés par la décompression. Les ouvriers qui ne peuvent pas dormir, à cause des douleurs qu'ils éprouvent dans les muscles et les articulations, retournent volontiers prendre un coup de pression. Ils y trouvent, souvent, l'apaisement définitif de leurs maux, quand ceux-ci sont légers, et toujours du soulagement.

J'ai souvent fait cette prescription dans les vives douleurs du genou, sans négliger pourtant les autres moyens. Je n'ai jamais employé cela dans les cas assez nombreux de paraplégie, parce qu'il est infiniment peu commode de faire passer, par une porte de 60 centimètres de large et de 65 centimètres de hauteur, un homme paralysé ; mais je crois qu'une chambre à air, plus commode, rendrait de très grands services aux malheureux qui ont la moelle lésée.

Action exercée par le passage à l'air libre sur l'homme malade.

Les hommes atteints de coryza, et qui ont souffert, pendant l'éclusage, de douleurs internes et de vertige, sont rapidement guéris par le déséclusage. Arrivés à l'air libre, ils conservent quelquefois de la douleur lorsque les désordres internes ont été les résultats de la violence appliquée sur la paroi des cavités aériennes. Les hommes atteints de plaies et de contusions éprouvent de la douleur au moment de l'issue. J'ai eu l'occasion de voir un homme qui s'était contusionné le doigt la veille; l'épiderme, enlevé, laissait voir le derme saignant, devenu comme spongieux.

Les gens atteints de fatigue musculaire, ou nerveux, voient cette fatigue augmenter. Foley raconte que, se trouvant très préoccupé d'un cours à faire et de ses observations au pont d'Argenteuil, il eut le cerveau hyperhémié au point de se prendre en flagrant délit de bavardage. J'ai observé sur moi-même que le séjour dans le caisson avait, la seconde fois, réveillé une ancienne hyperhémie du foie qui depuis longtemps ne me fai-

sait plus souffrir. Mon ami E...., qui descendit avec moi le 1er septembre, avait des hémorrhoïdes, qui devinrent plus douloureuses.

Les auteurs racontent, dans maints endroits, que les gens décomprimés sont sujets aux hémorrhagies par le nez et les oreilles. Je n'en ai pas observé une seule fois, ce qui me fait supposer que les personnes qui en ont été atteintes avaient une altération préalable des muqueuses ou une maladie quelconque. Je croirais volontiers que l'inflammation catarrhale de ces muqueuses était la cause de cette friabilité des capillaires. Je repousse formellement l'explication donnée par Foley, de ces congestions postéro-tubaires : il prétend, en effet, que l'altération de la circulation provient de ce que la moelle ne reçoit plus assez d'impression pendant son séjour dans l'air comprimé, et que, faute d'impression, elle ne peut plus agir avec assez de force par l'intermédiaire des nerfs sur le système circulatoire. Mais, en revanche, dès que le retour à l'air libre a mis l'ouvrier dans les conditions normales, la moelle, longtemps privée de la force que lui communiquent les impressions sensorielles, en fait provision, puis la déverse tout d'un coup sur les différents systèmes. C'est là la raison de ce qu'il appelle le choc en retour.

J'ai déjà indiqué la vraie raison, qui est celle-ci : la tension exagérée des gaz du sang a besoin d'être contre-balancée par la force tonique des vaisseaux. Or, il est évident que les vaisseaux, fatigués ou énervés par la congestion ou l'inflammation, doivent céder plus facilement, en vertu de l'axiome que la partie la plus faible cède la première. Ce qu'on admet facilement pour les parties congestionnées ou enflammées, on peut l'admettre pour les muscles ou les articulations qui ont fonctionné d'une manière exagérée. On sait que les muscles surmenés finissent par devenir acides, et se gorgent de produits de dénutrition ; alors leur contraction se fait avec difficulté et douleur. Les vaisseaux qu'ils contiennent partagent leur sort et se congestionnent ; c'est ce qui constitue le *mouton* des ouvriers. Il n'est pas difficile d'admettre que la fatigue exagérée d'un muscle produira exactement le même effet que la congestion.

Quant à ce qui concerne les articulations, l'explication est

moins facile : elles se congestionnent, soit par suite de la chaleur produite par la pression exagérée à laquelle elles sont soumises, soit par la contusion que cette pression peut développer, soit pour des causes encore mal déterminées. Foley admet, comme une vérité irrécusable, que la fatigue musculaire ou articulaire est suivie d'accidents douloureux toutes les fois qu'elle dépasse un certain degré. « Les muscles, dit-il, se prennent alors les premiers ; leurs auxiliaires synoviaux, aponévrotiques et musculaires ou articulaires les seconds, et les os ou leur enveloppe en dernier ressort » (*ouvrage cité*, p. 55). Eh bien, l'expérience que j'ai acquise aux chantiers de Missiéssy est la confirmation de ces assertions.

Un ouvrier très grand descend dans les caissons : il est obligé d'incliner la tête pendant le travail ; il remonte, pris de douleurs aiguës dans le cou, du côté qu'il a été obligé de tenir contracté.

Foley dit (*ouvrage cité*, même page) : « Le bêcheur, qui du pied enfonce constamment son outil dans la glaise, est frappé dans les muscles extenseurs de la jambe (longue portion du triceps fémoral) ;

« 2° Le piocheur, qui, à son tour, lève et abaisse son instrument, l'est aux muscles de l'épaule, deltoïdes pectoraux, grand dorsal, etc. ;

« 3° Le déblayeur, au genou[1] ;

« 4° L'homme du frein, à la région mammaire ;

« 5° Et son compagnon, dans les bras (son office consiste à faire franchir aux seaux un rebord de 15 à 20 centimètres de haut). »

Les gens déjà atteints d'une maladie quelconque se trouvent aussi dans des conditions de résistance très fâcheuses. On comprend que les maladies générales, telle que la fièvre intermittente, puissent, en diminuant la tonicité des vaisseaux, rendre nocive une fatigue modérée, et qui aurait été sans danger pour un homme sain. J'ai constaté que ces causes sont venues quelquefois s'ajouter à la fatigue chez quelques-uns des ouvriers qui ont été le plus gravement touchés.

Guichard, dans les observations qu'il a insérées dans le

[1] *Fait à noter.* — Ce qui rendra compte de ce fait, qu'à Missiéssy l'immense majorité des accidents ont siégé au genou ; bien qu'il n'y ait pas de déblai à faire, la manœuvre est presque identique.

Journal de Robin (1875, n° 5, p. 476), rapporte que sept plongeurs sardes, atteints de fièvre intermittente, furent tous pris d'épistaxis sous une colonne d'eau de 9 mètres. Dans une autre observation, il rapporte qu'étant descendu, sans précaution, dans un bassin de 9 mètres, il y fit descendre ensuite, en prenant toutes les précautions usitées, sept ouvriers un peu débiles qui avaient été exposés depuis plusieurs années à la fièvre intermittente paludéenne régnant dans le pays. Ces hommes vivaient mal et se nourrissaient presque exclusivement de légumes et de fruits. Ils étaient, en général, nonchalants, et fournissaient une faible somme de travail journalier. Ils eurent tous des hémorrhagies par le nez et par l'oreille.

Ces faits permettent de supposer quelle serait l'action de l'air comprimé sur les gens atteints de fièvre éphémère, d'embarras gastrique et intestinal, de fièvre typhoïde commençantes, etc. Il est bien probable qu'un certain nombre d'hommes chez lesquels les anamnestiques ne relèvent aucune cause saisissable ont pu se trouver dans des conditions semblables et ont attribué leur malaise et leur affection à l'action de l'air comprimé. En fait, un grand nombre de malades que j'ai observés étaient atteints d'embarras gastriques plus ou moins grave, avec ou sans fièvre. La question est de savoir s'il a précédé ou suivi la descente, s'il est effet ou cause.

Action de l'air confiné du caisson.

Il est difficile de calculer bien exactement le volume d'air qui est injecté par les machines soufflantes, parce qu'il faudrait savoir exactement le nombre de coups de piston à la minute. Or, ce nombre varie à chaque instant. On comprend qu'il est influencé non seulement par les pertes variables qui se font par les cloches et les bétonnières pour l'éclusement des hommes et des matériaux, mais encore par les résistances opposées par les amas de béton qu'on projette sur les parois, amas qu'il est obligé de traverser avant de franchir les couteaux. Tout ce qu'on peut dire, c'est que ce nombre varie, du commencement à la fin, de 80 à 50 coups de piston à la minute. La quantité d'air injectée à chaque coup de pompe est de (15 centimètres de rayon + 3,1416 et 40 centimètres de course) 28 litres 25 centilitres. Ce chiffre doit être divisé par 2,7, nombre d'atmo-

sphère indiqué par le manomètre, ce qui fait ou plus de 10 litres. Si nous prenons une moyenne de 64 coups de piston à la minute, cela fera 640 litres d'air qui passeront sous les caissons, et 38^{mc},400 à l'heure. Il faut multiplier cela par 2, puisque les coups de pompe sont doubles, soit 76^{mc},800 à l'heure. Nous ne savons pas exactement le régime qui convient à chaque homme travaillant dans l'air comprimé; mais, si on divise le nombre de 76,800 par 52, nombre maximum d'hommes qui ont travaillé dans le caisson n° 2, le 9 septembre, de six heures à minuit, et de minuit à quatre heures, on obtiendra un chiffre de 1480 litres d'air par heure et par homme, ce qui est manifestement insuffisant. Ajoutez à cela que le nombre de bougies est assez considérable et absorbe une quantité notable d'oxygène. On apprécie habituellement la quantité d'air en excès par le bouillonnement qui se produit aux deux bouts du caisson; mais cette appréciation est fautive, parce que l'air qu'on aperçoit a un volume près de trois fois plus considérable que celui qui passe réellement sous les couteaux, par la raison que l'air, qui remonte de 19 mètres de profondeur, se dilate progressivement au fur à mesure que la pression décroît. En admettant que l'air insufflé soit en quantité suffisante, il existe encore une autre cause d'insalubrité dans la manière dont se fait la distribution de l'air. L'air, échauffé par les bougies et la respiration, se tient à la partie supérieure, là précisément où les hommes le puisent, tandis que l'air frais, plus lourd, se tient au rez du sol et s'échappe par-dessous. Il faut ajouter à ces causes d'insalubrité celle-ci : la pression, augmentée, diminue l'exhalation d'acide carbonique, parce qu'elle rapproche ce gaz de son point de liquéfaction. Si l'exhalation se fait par suite de l'excès de pression de l'acide du sang sur l'acide libre, il faudra évidemment que cet excès soit maintenu plus considérable que dans l'état normal pour compenser cette condition fâcheuse.

Le nombre d'hommes qui se trouvent sous les caissons est très variable : c'est un élément fort important à considérer. Il faudra aussi tenir compte de ce que, depuis le début du travail dans le caisson, le volume du caisson diminue continuellement. Ce n'est que tout à fait à la fin que le nombre d'hommes a diminué considérablement, comme on peut le voir par le tableau des températures annexé à ce travail, où j'ai indiqué le nombre

d'hommes qui y sont descendus, soit dans le caisson n° 17, soit dans le caisson n° 2. (Voy. l'indication des postes, c'est-à-dire du moment de la journée où ils ont travaillé.)

Des causes prédisposantes et déterminantes.

Le chapitre des causes secondes pourrait m'entraîner beaucoup plus loin que je ne le désire ; je me bornerai à des indications sommaires, et je n'insisterai un peu que sur celles qui ont une efficacité incontestable. En tête, je mentionne la distribution du travail.

Les ouvriers sont divisés en deux postes : chaque poste travaille douze heures par jour, en deux fois, et se repose, mange et dort, pendant deux fois, six heures. Cette distribution, qui a pour résultat immédiat de priver les hommes d'un sommeil réparateur et de les fatiguer outre mesure, provient de ce que l'organisation est plus simple, ce qui fait l'avantage des entrepreneurs et de l'administration, et de ce que la journée est plus rémunératrice, ce qui paraît être l'avantage de l'ouvrier. Ceci posé en thèse générale, pour la distribution qui a lieu aux caissons de Missiéssy, il fallait ajouter une autre raison : il était nécessaire de ne pas perdre une minute pour assurer la stabilité du caisson, et il y avait fort peu d'ouvriers. Réduire le travail à quatre heures sur huit, c'était augmenter les chances d'accidents dans le caisson avec la durée du travail.

Quoi qu'il en soit, la durée de six heures de repos qui suit les heures de travail est ainsi décomposée : une heure et demie environ pour se changer, aller à la maison, et revenir au bassin ; une heure et demie pour manger. Reste trois heures pour dormir, en supposant que l'ouvrier ait la faculté de s'endormir subitement, cela fait, en tout, six heures de sommeil dans les vingt-quatre heures, en admettant que l'ouvrier soit dans de parfaites conditions hygiéniques, et s'endorme sans perdre de temps. Pour peu que l'ouvrier ait été pris d'accidents douloureux aux articulations, le premier effet produit, c'est la perte de sommeil. Même, lorsque les hommes ne souffrent aucunement, ils éprouvent le besoin de manquer régulièrement un poste sur trois ou quatre, pour le consacrer au sommeil.

J'ai pu constater, un certain nombre de fois, que les acci-

dents graves (la paraplégie, par exemple) ne sont survenus que lorsque l'homme avait perdu le sommeil.

Du régime alimentaire.

Malgré mes notes, qui mentionnent, presque toutes, que les ouvriers, Piémontais, pour la plupart, mangent de la viande tous les jours, je crois qu'il y en a un grand nombre qui se nourrissent mal.

J'ai observé que les gens qui ont eu des accidents boivent peu de vin chaque jour. Tous ceux qui ont résisté absorbent tous 3 à 4 litres de vin. Ici le vin doit être un élément réparateur, parce que l'alcool qu'il contient est eomburé en entier sans produire d'accidents. (Voy. Foley.)

J'ai noté ceux qui sont mariés : je pense que ces gens sont bien moins bien nourris que les célibataires, à cause des économies qu'ils font; mais leurs mœurs sont aussi plus régulières, ce qui fait compensation.

Des mœurs et de l'habitation.

Un grand nombre des ouvriers que j'ai interrogés sont des vagabonds qui n'ont pas de domicile, et qui couchent tantôt ici, tantôt là, et ces gens étaient portés à exagérer leur mal pour pouvoir se faire admettre à l'infirmerie ou à l'hôpital. J'ai eu soin de mentionner, sur mes notes, le domicile toutes les fois que les hommes en avaient un réel. Habituellement, ces ouvriers, presque tous Piémontais, habitent dans des taudis où ils sont au nombre de quatre ou cinq, quelquefois davantage, sous les toits ou au rez-de-chaussée. Sous le nom de cantine de Missiéssy, j'ai visité une mauvaise baraque où on donne à manger : derrière, se trouvait un étage sous les toits auquel on montait au moyen d'une échelle, et on arrivait dans un dortoir de quelques pieds de long où se trouvaient dix à douze lits.

Des professions.

J'ai noté toutes les fois la profession de l'homme. Il est important, en effet, que les ouvriers de pelle aient été habitués, de bonne heure, aux travaux de force. Je n'hésiterai pas à refuser un homme qui aurait eu une profession sédentaire et peu pénible, ou qui aurait eu une trop longue interruption de tra-

vail avant d'entrer. Tous les hommes malades n'ont pas eu d'interruption de travail avant d'entrer dans les caissons, mais il est particulièrement remarquable que tous les ouvriers qui ont pu continuer pendant longtemps n'avaient eu aucune interruption et se trouvaient parfaitement entraînés.

Ce que je dis de la profession et de l'entraînement ne peut s'appliquer qu'aux ouvriers qui se servent de la pelle, et non aux surveillants, qui n'ont aucun travail pénible à exécuter.

Idiosyncrasies et constitutions.

Tous les hommes que j'ai trouvés sur le chantier présentaient les constitutions les plus différentes, les uns très vigoureux, les autres presque chétifs. J'ai entendu dire, par le directeur des travaux, M. Guidetti, qu'il avait pris l'habitude de refuser les hommes trop gros. Il est d'avis qu'un homme très faible et très maigre est plus résistant qu'un homme gros. Est-ce parce que l'obésité favorise l'apoplexie, comme dit Chomel ?

Tempérament.

Je n'ai aucune observation qui prouve que les tempéraments sanguins soient plus exposés que les lymphatiques. Les hommes nerveux sont-ils plus facilement atteints que les autres, ou se bornent-ils à sentir plus vivement leur mal ?

Age.

J'admets qu'un homme âgé doit résister beaucoup moins; mais ce n'est qu'un *a priori*. Les deux accidents graves, chez Viretto et Choucetti, sont survenus chez des hommes de 35 ans. Peu d'ouvriers examinés étaient plus âgés; un certain nombre avaient de 18 à 20 ans, et quelques-uns n'en ont pas moins éprouvé des accidents peu graves, à la vérité. Un seul était âgé de 49 ans, le nommé Brunot (Antoine); il compte parmi les malades.

Saisons.

Je pense que la saison très chaude ou très froide peut avoir une influence mauvaise sur les hommes. Un de mes malades

me racontait qu'à Saint-Alban il y eut deux cas de mort subite pendant qu'il faisait très froid.

A Toulon, les accidents sont beaucoup moins nombreux, et surtout moins graves, depuis que la saison devient moins chaude ; mais il faut bien tenir compte des améliorations considérables qui ont été réalisées par le soin des ingénieurs, soit qu'elles eussent été commencées et projetées, et eussent reçu un commencement d'exécution avant mon arrivée, ou qu'elles aient été proposées par moi. Je pense que, toutes choses égales, les saisons extrêmes sont fâcheuses, mais que l'hiver doit être plus fâcheux à cause de la facilité des refroidissements survenant chez les ouvriers fatigués et d'autant moins capables de réaction.

Des causes déterminantes.

Je me suis préoccupé, dans les premiers temps, de savoir si l'air du caisson n'était pas vicié par quelques émanations capables de causer une altération de la santé. Cet air a été examiné au moyen du papier à l'acétate de plomb, pour nous assurer qu'il ne renferme pas d'acide sulfhydrique, suivant le conseil qui m'a été donné par M. le pharmacien en chef. On a aussi essayé du papier bleu de tournesol humide, pour voir s'il ne renfermait pas un excès d'acide carbonique ; ces recherches ont été négatives. A l'odorat, l'air ne dénotait aucune mauvaise odeur; mais il fallait se défier de ce moyen d'appréciation. Il est particulièrement incertain dans ce cas, à cause de l'effet produit par l'air comprimé. J'avais observé que le plafond était couvert de plantes et d'animaux marins qui, depuis plusieurs jours que ce plafond n'était plus en contact avec l'eau, commençaient à s'altérer. Je présumai que cela pouvait entrer pour quelque chose dans l'étiologie, et je m'empressai de demander qu'on nettoyât le plafond avec le plus grand soin, et d'autres mesures que je mentionnerai en parlant de la prophylaxie.

Le sol marin, composé de safre, d'argile et de poudingue, me paraît renfermer une quantité inappréciable de matières organiques. Je ne pense pas que les effluves qui ont pu s'en dégager aient eu une influence quelconque, car je n'ai pas constaté un seul cas de fièvre intermittente.

De la rapidité de l'éclusement et du déséclusement.

C'est là l'élément étiologique le plus important de tous. C'est l'éclusement qui produit les accidents qui ont pour siège la paroi des sinus et des cavités qui communiquent avec l'air extérieur : c'est le déséclusement qui, trop rapidement effectué, refroidit l'ouvrier et l'expose aux embolies gazeuses et aux effractions vasculaires des centres nerveux surtout. Nous avons déjà indiqué, *grosso modo*, la disposition du sas, nous n'avons pas à y revenir; nous ne ferons qu'ajouter ce qui est indispensable pour qu'on puisse bien comprendre comment le passage de l'air comprimé peut être offensif. Le sas a 2 mètres cubes de capacité, le robinet qui le fait communiquer avec la chambre à air, avait un calibre de 2 centimètres, qu'on a diminué jusqu'à 15 millimètres, Cette ouverture du robinet permet à l'air comprimé de remplir le sas en 2 minutes environ. Ce chiffre est d'accord avec les données expérimentalés fournies par Foley. Je persiste néanmoins à penser que sans le moindre inconvénient on pourrait encore un peu augmenter la durée de l'éclusement, nous verrons ci-après pourquoi.

Lorsque les ouvriers passent dans la chambre, ils ont tous l'habitude de s'écluser à toute vitesse. Cette pratique, sans inconvénient pour la plupart d'entre eux, est la cause d'un certain nombre d'accidents chez les ouvriers qui ont les trompes et les ouvertures des sinus peu ouvertes. On a beau les prévenir d'aller doucement, ils n'en persistent pas moins, parce qu'ils prétendent qu'ils s'en trouvent mieux. Bien que je doute que l'instinct des hommes soit toujours un préservatif infaillible, souvent cela est ainsi. J'ai pris en considération cette répugnance des hommes à s'écluser trop lentement, et, un jour que j'assistais à une scène que faisait un ouvrier, qui se refusait énergiquement à entrer dans le sas avec les autres, sous le prétexte que ses camarades n'ouvraient pas le robinet assez vite, je pénétrai dans l'écluse, d'abord seul, puis avec deux personnes, et je m'assurai que la sensation de chaleur et de malaise était différente dans les deux cas. Elle doit être extrême lorsque les hommes, pressés comme des harengs, réchauffés par la température de la cloche et de l'air qui fait irruption, et qui augmente l'impression de la chaleur par le fait de la saturation, respirent un air de plus en plus chargé d'a-

acide carbonique, et, en débarrassant leurs poumons d'autant plus malaisément qu'ils supportent une pression plus grande, doivent être impatients de passer dans l'air relativement pur du caisson. C'est une impression très agréable qu'on éprouve à la fin de l'éclusement.

Du déséclusement.

Il n'est pas difficile de prévoir que, pour sortir, les ouvriers ouvrent le robinet à toute vitesse; nous avons vu que, pour entrer, cela n'avait d'inconvénient que pour les enrhumés; mais ici tout le monde est en danger, en proportion de la rapidité de la décompression. Si la décompression pouvait se faire de telle sorte que l'abaissement de la pression fût proportionnel au temps, l'inconvénient serait certainement réduit au minimum. Ce n'est malheureusement pas ce qui a lieu. En effet, l'écoulement de l'air se fait d'abord très rapidement au début; mais cet écoulement si rapide fait précisément tomber la pression, dans les premiers moments, beaucoup plus vite qu'à la fin. Ainsi donc, au début, la variation dans la pression, seule cause du danger, est très brusque. On pare instinctivement à ce danger lorsqu'on ouvre très peu le robinet au début; mais comment faire comprendre cela aux ouvriers? En outre, le déséclusement, fait dans ces conditions, fait baisser la température de 12 à 15 degrés. L'humidité de l'air se condense, et forme un brouillard épais qui pénètre et transit. Nous reviendrons sur cet effet, en étudiant, dans le paragraphe suivant, la température des différents milieux.

De la température de la cloche, du caisson et de l'extérieur.

Nous avons toujours trouvé, dans la cloche, une température très élevée. Cette différence pouvait aller jusqu'à 9 degrés; en moyenne, elle est de 4 à 5. Cette différence tient à la température de l'air comprimé, qui est déjà élevée, et à la chaleur de la cloche elle-même, qui, bien qu'abritée du soleil, est exposée à la réverbération des parois du bassin. Cette différence fait trouver agréable la sensation de fraîcheur relative qu'on éprouve dans le caisson; mais elle rend peut-être plus vive l'impression de l'air extérieur lorsque l'ouvrier sort le soir, à minuit, et le matin. Elle est d'autant plus nuisible, que

l'ouvrier, très fatigué, est moins tenté de réagir en se donnant beaucoup de mouvement et en marchant vite.

Le nommé Latorre, traité à l'hôpital principal de la marine, à la salle 2 pour un peu de paraplégie, s'était lavé tout habillé dans la piscine, en sortant la nuit, et s'était rendu tout mouillé chez lui. Il m'a raconté qu'un grand nombre de ses camarades faisaient comme lui. Beaucoup ne se lavaient pas dans la piscine; il leur répugnait de se servir d'une eau dans laquelle s'étaient lavés ou avaient pu se laver un certain nombre de camarades atteints ou présumés atteints de maladie vénérienne.

Enfin, la baraque située autour de la piscine, et dans laquelle les ouvriers se changent, était mal fermée, et, la nuit, les ouvriers y ressentaient vivement l'impression de l'air qui y circulait, de plus, elle avait pour sol la terre nue et par conséquent humide, au moment où les ouvriers sortent en foule du caisson et de la piscine. Les observations prouvent que les accidents graves se produisent presque toujours la nuit.

Des passions dépressives.

Sous ce titre, j'aurais voulu indiquer d'une manière explicite l'influence de la peur; mais je n'ai rien de bien précis à ce sujet. On remarquera, cependant, que Choucetti, le plus gravement atteint, avait peur avant d'entrer, et qu'on l'a un peu violenté. Un autre, qui me faisait le tableau le plus lugubre des accidents terribles qu'il éprouvait dans la hanche, fut invité, par moi, à redescendre prendre un coup de pression. Je le vis disparaître de l'infirmerie et du chantier. Un chef d'équipe, grand et gros, pris dans le mollet, eut une si belle peur, qu'il se promit de ne plus redescendre, et, depuis, a été employé aux travaux extérieurs.

En résumé, la cause interne consiste essentiellement dans la tension augmentée des gaz dissous dans le sang (azote et acide carbonique) par l'excès de la pression.

Le danger croît avec la pression: il peut être annihilé par une décompression lente et se faisant proportionnellement au temps.

Les accidents sont le fait d'une décompression trop brusque. Les poumons et la peau servent de soupape de sûreté, et déversent à l'extérieur le trop plein des gaz, à condition qu'on leur donne le temps.

Toutes les conditions qui empêchaient la circulation de se faire rapidement, fatigue, insomnie, maladies, air comprimé, doivent être considérées comme causes adjuvantes.

Tout ce qui empêche l'activité fonctionnelle de la peau (les refroidissements surtout) a la plus funeste influence sur l'explosion des accidents.

Des maladies et des fatigues, contractées pendant le travail, ou existant au moment où l'ouvrier descend sous les caissons.

Nous avons déjà indiqué, à plusieurs reprises, l'influence des rhumes de cerveau sur la production des accidents dus à l'éclusement, et l'influence prédisposante des maladies antérieures. Nous voulons faire ressortir, ici, celle plus active et plus nocive des maladies ou des fatigues actuelles. J'ai pensé que l'embarras gastrique et intestinal, et la fièvre éphémère qui suit une fatigue intense, était pour beaucoup dans l'apparition des accidents graves. Le fait qu'un grand nombre de paraplégies mentionnées par les auteurs sont absolument apyrétiques, et que les accidents de Choucetti et de Vietto se sont accompagnés d'une élévation notable de la température, et, chez le premier, de stupeur, de gargouillements et de douleurs dans les fosses iliaques, m'ont induit à penser que, peut-être, les accidents observés sont compliqués par l'évolution d'une maladie générale. La fatigue existant au préalable, ou contractée pendant le travail sous-marin, est une prédisposition fâcheuse. Leudet a démontré que les fatigues excessives congestionnaient la moelle (*Clinique des hôp. de Rouen*). Si l'on ajoute à cela la flexion et l'extension répétée qui est nécessaire aux ouvriers pour l'accomplissement de leur tâche, on comprendra facilement que la moelle, se trouvant au centre des parties vasculaires très congestionnées puisse éprouver des troubles circulatoires et se congestionne d'autant plus qu'elle y est déjà prédisposée par le seul fait de la fatigue générale. Telle est la raison de la fâcheuse localisation chez les ouvriers.

Effets produits par un travail de longue durée.

Foley divise toute la durée du travail intratubaire en deux périodes : l'une de bénéfice et l'autre de dépression organique. J'accepte volontiers cette division, mais non le motif qu'il donne. J'attribue ce résultat à la fatigue excessive et à la répation incomplète, faute d'un sommeil suffisamment prolongé. Il est certain que tous les ouvriers maigrissent rapidement au bout de quelque temps. Tous ceux que j'ai vus ont si peu d'embonpoint qu'on est frappé de l'enfoncement de leurs yeux. Il est vrai que les Piémontais sont habituellement très maigres, et ont les os de la face très proéminents; mais j'ai observé de l'amaigrissement notable chez les quelques ouvriers que j'ai revus depuis peu. Chez un grand nombre, l'appétit paraît augmenter : chez eux, les forces se sont maintenues à un taux satisfaisant, et les accidents sont insignifiants, puisqu'ils n'empêchent pas le travail.

D'autres, au contraire, perdent l'appétit, et on constate qu'au préalable le sommeil a disparu par suite de douleurs causées par des accidents articulaires.

Je ne veux point contester que l'usage habituel de l'air comprimé n'augmente les combustions organiques et ne soit en partie la cause des dépérissements; mais je crois que, lorsque l'homme, prenant les précautions indiquées, n'a pas eu d'accident, et peut manger et dormir en proportion de la perte des matériaux et de la fatigue, l'inconvénient est nul. Les surveillants, qui sont là depuis le début du travail, et qui ne se fatiguent pas trop, ne sont pas malades et ne dépérissent pas d'une manière visible. Cela est arrivé non seulement à Toulon, mais partout ailleurs; car un certain nombre ont déjà travaillé à l'air comprimé à Brest et en Afrique, etc.

Symptomatologie.

Les auteurs mentionnent les accidents les plus variés. Je ne parlerai que de ceux que j'ai vus. En voici l'énumération, en commençant par les accidents graves :

1° Paraplégie, ou paralysie des jambes;
2° Accidents convulsifs;
3° Douleurs dans les oreilles et dans la tête;

4° Gonflement douloureux des articulations;
5° Douleurs des muscles;
6° Des puces.

Nous allons nous borner à une indication rapide des faits:

1° La paraplégie, que nous avons observée cinq ou six fois, à des degrés divers de gravité chez les nommés Choucetti, Virello, Cornet, Biès et Antonelli, est survenue brusquement, chez tous, au moment où ils allaient chez eux en sortant de l'écluse. Le temps au bout duquel ils ont été pris varie d'un quart d'heure à une heure ou deux. L'abolition de la motilité est accompagnée, chez tous, d'insensibilité plus ou moins complète et de paralysie du rectum et de la vessie, ce qui permet de localiser nettement le point atteint entre le plexus lombaire et le plexus sacré.

Chez deux ouvriers, la paraplégie s'est accompagnée de fièvre; chez un des deux fébricitants, il y a eu des gargouillements, de la stupeur et des eschares à la région sacrée. Sauf un, ils sont tous en voie de guérison.

2° Les accidents convulsifs ont été constatés, chez Viretto, le jour et le lendemain de l'accident : on les trouvera décrits avec le plus grand soin dans la feuille de clinique du n° 46 de la salle 2 (Hôpital principal de la marine).

3° Les douleurs dans la tête, observées chez trois ou quatre ouvriers, et chez un d'eux, Odetto, très persistantes et accompagnées d'un peu de fièvre, ne sont survenues que chez les gens enrhumés : elles sont très pénibles, et s'accompagnent d'une congestion des conjonctives, et probablement des autres vaisseaux de la tête, déjà influencés par le coryza. Chez Odetto, les douleurs étaient limitées à un côté de la tête, et simulaient l'hémicrânie. On pouvait constater, chez lui, que l'effort pour souffler, le nez bouché, était très douloureux et réveillait les mêmes sensations pénibles qu'il avait éprouvées dans la cloche.

Les douleurs dans l'oreille s'accompagnent quelquefois d'hémorrhagies. On conçoit facilement que, pour peu que la pression se produisant par le conduit auditif externe ne soit pas rapidement contre-balancée, le tympan puisse être déchiré et les osselets de l'ouïe, qui servent de régulateur de la tension de la membrane, puissent être luxés.

4° Le gonflement douloureux des articulations est le phénomène le plus fréquent de tous ceux qu'on peut observer. C'est

habituellement le genou qui est pris; tantôt il se produit sur un seul, tantôt sur les deux côtés; mais il n'est pas rare de voir le coude et l'articulation de l'épaule pris en même temps. Le gonflement est rarement bien prononcé; souvent il faut regarder de très près pour le constater. La douleur est quelquefois des plus vives et s'exaspère la nuit. Elle offre cette particularité remarquable, de s'apaiser et souvent de disparaître par le retour dans l'air comprimé.

5° *Douleurs dans les muscles.* — Les muscles de la cuisse et de la jambe sont habituellement pris en même temps que le genou correspondant; ceux de l'épaule et du bras, en même temps que le coude. Je n'ai jamais constaté qu'un peu de raideur, et non du gonflement décrit par Foley, ce qu'il compare volontiers au mouton suraigu des ouvriers.

6° *Des puces.* — Le phénomène si curieux des puces n'a été observé que deux fois. Chez un de ces ouvriers, la douleur était si vive qu'il s'arrachait les cheveux, me disait-il, pendant les premières nuits.

Nature des accidents.

On se fait facilement une idée des accidents produits par l'éclusement chez les hommes atteints de coryza. Il n'en est pas de même pour les accidents paraplégiques et ceux qui surviennent dans les articulations et les muscles. Est-ce une congestion? est-ce une anémie locale produite par l'embolie gazeuze? est-ce une effraction suivie d'hémorrhagie? C'est peut-être tout cela à la fois. Ce qui est indiscutable, c'est que Bert n'a trouvé que du ramollissement dans la moelle des chiens soumis à de hautes pressions. On a fait peut-être des autopsies; mais je l'ignore, et ne puis que regretter que notre bibliothèque soit si pauvre en documents. Depuis, Choviette étant mort, on a constaté, dans la moelle lombaire, un point de ramollissement gros comme un pois.

Proportion des accidents.

Sur 115 hommes, nous avons eu 45 accidents plus ou moins graves. Il n'est pas temps encore de chercher à les classer par ordre de gravité.

Cela fait une proportion de 38,2 pour 100; mais il est probable qu'un certain nombre des gens qui ont disparu après être descendus une fois ou deux étaient malades plus ou moins. Ce chiffre de 38 pour 100 est donc trop faible.

Traitement et prophylaxie.

Les accidents douloureux produits par la compression ne nous arrêteront pas. Ils ne diffèrent pas de ceux que produit une forte pression sur nos organes. Des narcotiques *loco dolenti* et quelques dérivatifs sur le tube intestinal, tels sont les moyens que j'ai mis en usage. Les douleurs occasionnées par la décompression ont été traitées avec beaucoup de succès, par Foley et par moi, par des frictions énergiques et un massage des muscles et des articulations, par des embracations de baume tranquille pour calmer les douleurs aiguës, qui ne sont pas rares, et par les sudorifiques. J'ai, dès le début, renoncé aux frictions avec l'alcool camphré, qui a l'inconvénient de refroidir la peau et qui ne calmait pas les douleurs aussi bien que le baume. Nous avons vu que le refroidissement, en effaçant les petits vaisseaux de la surface, avait l'immense inconvénient de produire la congestion des organes internes et de diminuer la sortie du gaz; j'ai, toutes les fois que j'ai eu l'occasion de le faire, recommandé aux hommes de provoquer une transpiration aussi abondante que possible par l'usage de liquides excitants, du thé au rhum, par exemple, et surtout du vin chaud, et l'application de couvertures bien épaisses. Ce moyen a dissipé bien souvent, dans l'intervalle de quelques heures, des douleurs très vives.

Un moyen étrange, mais que la théorie indique, c'est de combattre par la compression les accidents produits par la décompression. Les ouvriers ont déjà l'habitude de ce moyen, et l'emploient constamment pour les accidents légers. Je désirerais que cela pût devenir possible pour les accidents de paraplégie, et qu'un compartiment plus commodément accessible que les caissons fût rempli d'air comprimé à 2,7 d'atmosphère, afin d'y faire entrer les malheureux dont la moelle a subi une effraction. En attendant la réalisation de ce vœu, je me borne à conseiller l'usage des ventouses sèches ou scarifiées au niveau de la région lombaire, et l'application de l'appareil Junod

aux membres inférieurs, pour amener une dérivation énergique et une déplétion des organes profonds.

A l'exemple de Foley, j'ai appliqué des sinapismes jusqu'à commencement de vésication, et j'ai observé de très bons résultats; je recommande ce moyen dans le cas de douleurs très vives.

Je n'ai tiré aucun bénéfice des injections sous-cutanées de morphine, sinon un soulagement momentané, suivi promptement du retour des douleurs.

En résumé, les excitants et les rubéfiants, tels sont les moyens dont j'ai eu le plus à me louer.

Le vin chaud après le travail, lorsque l'air extérieur est froid, est un excellent agent de guérison pour les accidents légers. J'ai pensé que cela pourrait devenir un excellent prophylactique, et, à l'imitation de ce qui se faisait à Argenteuil, j'ai fait donner aux hommes qui sortent la nuit, c'est-à-dire à six heures du soir, à minuit et à six heures du matin, un verre de vin chaud aromatisé avec 10 grammes d'alcoolé de cannelle : le jour, un verre de vin froid m'a paru suffisant. Mais j'empiète sur le chapitre suivant.

Prophylaxie.

A mon arrivée sur les chantiers, j'ai constaté que l'entreprise avait pris un ensemble de mesures pour prévenir les accidents. L'expérience des premiers médecins qui ont observé à Kell et à Argenteuil, etc., n'était pas perdue, et j'ai constaté que les hommes étaient revêtus promptement de couvertures de laine au moment où ils sortaient du caisson, et qu'une vaste piscine était remplie d'eau chaude pour permettre aux hommes de faire leurs ablutions. De plus, les ouvriers atteints pouvaient trouver, tout près des travaux, une baraque disposée avec des matelas et des couvertures pour se couvrir et se faire suer autant que possible. La piscine était d'abord découverte; mais on devait l'abriter par un baraquement en planches, afin d'empêcher le refroidissement des hommes qui avaient à traverser un certain espace pour gagner l'endroit où ils avaient mis leurs vêtements. Enfin, il leur était recommandé d'avoir toujours un rechange de vêtements chauds et secs pour remplacer ceux qu'ils avaient mouillés pendant le travail. A ces précautions

j'ai proposé d'ajouter un certain nombre d'autres qui ont été adoptées avec le plus grand empressement par l'ingénieur chargé des travaux.

J'ai établi déjà ce fait, que la quantité d'air injecté était trop peu considérable, et, bien que l'air fût condensé et contînt près de trois fois plus d'oxygène que dans l'état normal, il était nécessaire d'en injecter assez pour que les hommes eussent au moins 2 à 3 mètres cubes d'air condensé par heure, ce qui équivaut à 6 ou 9 mètres cubes d'air ordinaire, quantité bien minime, si on songe aux 60 mètres cubes d'air par homme et par heure qu'on a jugés nécessaires pour une bonne ventilation.

J'ai d'abord proposé une meilleure distribution de l'air : je voulais que le tube adducteur pût arriver jusqu'au bas de la cheminée et s'y bifurquer, chaque branche se dirigeant vers une extrémité et venant s'ouvrir au milieu des ouvriers, cela leur permettrait de respirer constamment de l'air pur. Il aurait fallu toucher à la lourde soupape qui ferme la tubulure du compartiment, pour pouvoir y placer le prolongement que je proposais. M. l'ingénieur de Mazas fit remarquer alors qu'on pourrait se servir du siphon pour les déblais semi-liquides (dont on voit sortir le bout par le haut de la cheminée dans le dessin ci-après. — Voy. le dessin de la cloche : *Élévation*, planche III, fig. 1).

Ce tube devait recevoir à la partie inférieure un T aux deux bouts duquel on adapterait deux tuyaux en caoutchouc qui puiseraient l'air au milieu des ouvriers et augmenteraient la quantité d'air frais en aspirant directement l'air chaud qui se trouve à la partie supérieure de chaque extrémité du caisson. Ce qui fut fait : ce siphon, modérément ouvert, favorise la ventilation en diminuant considérablement les résistances et permettant aux machines d'injecter beaucoup plus d'air avec la même quantité de charbon dépensé.

On peut craindre que cela ne fasse diminuer trop rapidement la pression du caisson et que l'eau ne l'envahisse. Mais il est facile de voir que ce danger n'est qu'apparent : les hommes peuvent d'abord très facilement y remédier en mettant tout uniment le pied sur le tuyau en caoutchouc, dans le cas où ils verraient l'eau gagner la chambre.

J'ai indiqué que l'éclairage par des bougies était très impar-

fait et que la combustion répandait dans l'atmosphère confinée une prodigieuse quantité de noir de fumée, soit par suite de la mauvaise qualité des bougies, soit par suite de l'épuisement en oxygène de l'air contenu dans les parties supérieures et moins facile à renouveler que l'air inférieur. J'ai demandé ici une réforme radicale et proposé le remplacement des bougies par un ou deux globes électriques. M. l'ingénieur Langlois s'est empressé de demander une machine Gramme supplémentaire qui lui permît d'éclairer deux bougies Jabloskoff pour cet usage; mais l'amélioration n'a pas été réalisée de suite. A cette substitution on gagnera d'augmenter la quantité d'oxygène disponible pour les hommes, parce que le charbon en consomme beaucoup moins que les bougies employées.

Nous avons dit que le plafond du caisson était couvert de plantes et d'animaux marins qui se trouvaient à sec depuis le commencement des travaux. Nous avons demandé que ce plafond fût gratté avec soin et badigeonné avec de l'eau de chaux, et que cette précaution fût prise pour tous les caissons au début du travail, ce qui n'a point fait de difficulté et a été immédiatement exécuté. En résumé, augmentation de la quantité d'air respirable, meilleure distribution de cet air, suppression de la bougie et du noir de fumée, par suite de l'adoption de l'éclairage électrique, nettoiement des parois du caisson, cause possible d'infection de l'air : tels furent les premiers progrès réalisés ou prochainement réalisables.

Je portai ensuite mon attention sur la piscine; je constatai qu'elle avait l'inconvénient d'être un peu éloignée; mais il était difficile d'y parer, et je n'en parlai pas, elle était découverte, et je demandai immédiatement qu'on fît un abri. La baraque qui se trouvait à proximité était une construction tout à fait primitive, composée de planches inclinées par une extrémité sur un tas de pierres sèches et de l'autre sur quelques ais mal joints formant le reste de la paroi. Je demandai qu'on fermât exactement et qu'on fît un plancher en bois. M. Langlois fit mieux et donna l'ordre d'agrandir l'enceinte de la construction qui surmontait la piscine. Cela s'est fait très promptement, ainsi que le plancher demandé. Les hommes peuvent s'habiller et se déshabiller la nuit dans un local

échauffé par l'eau de la piscine, qui est fournie régulièrement par les machines à vapeur toujours en activité [1].

Nous avons vu que la durée du travail par 24 heures était de 12 heures en 2 fois ; j'ai proposé, à plusieurs reprises, de le réduire à 8 heures en 2 fois, c'est-à-dire 4 heures de travail, 8 heures de repos dans la journée et autant dans la nuit, et de faire 3 postes. Cette proposition, que je serai très heureux de voir adopter, avait l'inconvénient de modifier l'organisation du service et de diminuer considérablement le travail au moment critique.

On m'a promis de réaliser cette amélioration si les accidents continuaient à se produire en aussi grande quantité. J'ai alors proposé d'entraîner progressivement les hommes en ne les faisant d'abord travailler que 6 heures par jour, en une fois, ou en 2 postes de 3 heures.

Cette proposition a été immédiatement adoptée et mise en pratique. Les novices ne font que 3 heures par poste, pendant 3 ou 4 jours. J'ai fait ressortir l'inconvénient d'admettre les hommes ayant une longue interruption de travail, et j'ai inscrit ce précepte sur une pancarte affichée dans les baraques et traduite en italien, ainsi que quelques autres recommandations dont je ferai mention. J'ai également recommandé, et de la même manière, aux hommes qui souffrent de légères douleurs dans les membres et qui ne peuvent s'endormir aisément, de perdre 1 poste sur 4 pour le consacrer au sommeil.

Les hommes qui perdent l'appétit par suite de travail sous les caissons sont prévenus qu'ils sont en danger, et qu'ils ne doivent descendre que lorsqu'ils sont complètement guéris. Il en est de même des hommes enrhumés du cerveau ; j'ai constaté que les gens atteints de bronchite sans coryza n'éprouvent aucun inconvénient ; mais je me suis gardé de faire cette exception, ne voulant pas laisser aux ouvriers la distinction à faire du rhume de cerveau et du rhume de poitrine qu'il complique si souvent.

Les hommes sont également invités à se munir de vêtements secs et bien chauds, qu'ils doivent revêtir au moment où ils sortent du bain [2].

[1] Les hommes se plaignent de ce que le toit est incapable d'arrêter la pluie, qui mouille leurs vêtements de rechange. Il est nécessaire d'ajouter un prélar goudronné pour remédier à cet inconvénient.

[2] Les hommes ont constaté que les accidents sont moins nombreux, moins graves

Il serait désirable qu'une visite bi-hebdomadaire des ouvriers pût être faite par un médecin attaché à l'entreprise. Ce médecin aurait pour mission non seulement de soigner les accidents légers, mais d'éliminer les gens malades de fièvre éphémère, de courbature, d'embarras gastrique, etc... Les gens atteints de maladies vénériennes doivent être recherchés et éliminés avec grand soin, parce qu'ils éloignent leurs camarades de la piscine et les exposent à se refroidir. Quelques-uns des ouvriers atteints m'ont déclaré qu'ils ne se sont jamais baignés pour ce motif, et quelques-uns d'entre eux s'en allaient tout mouillés chez eux, sans prendre même la peine de se changer, faute d'eau propre pour faire leurs ablutions.

J'ai prié l'entrepreneur de faire placer dans la barraque deux bailles remplies d'eau chaude qu'on renouvelle à chaque poste, ce qui a été fait.

En attendant que l'entreprise s'attache un médecin spécialement chargé de soigner les hommes et de prévenir les accidents par un ensemble de mesures que la fréquentation des ouvriers peut seule suggérer, en faisant connaître de plus en plus leurs mœurs et les infractions commises par eux aux lois de l'hygiène, j'ai formulé un certain nombre de préceptes pratiques à l'usage des employés qui engagent les travailleurs :

1° Ne pas admettre les gens enrhumés;

2° Ne pas admettre les gens trop grands, ce qui les dispose à une fatigue des reins très grande, par suite de la position courbée qu'ils sont obligés de prendre;

3° Ne pas admettre les gens trop gros (disposés à l'apoplexie);

4° Les gens de constitution trop débile ou cachectique, ceux qui ont les dents malades ou les gencives ulcérées, enfin les vénériens pour les raisons ci-dessus indiquées.

Les hommes sujets à la fièvre intermittente doivent aussi être éliminés, ainsi que ceux qui ont des dartres sèches sur la peau et qui ne transpirent pas.

et se produisent plus tard; ils attribuent cela à l'influence du vin chaud qui leur est distribué. Je désirerais que l'entreprise fît construire, auprès des piscines, une baraque chauffée à la vapeur, où les hommes pourraient dormir la nuit, ce qui éviterait un grand nombre d'accidents chez les ouvriers qui sont obligés d'aller chez eux, souvent très loin, par les nuits froides et pluvieuses. — *Adopté.*

Enfin, pour terminer cette trop longue exposition, je dois mentionner que j'ai insisté sur la nécessité de réduire la dimension de l'orifice externe des sas, pour empêcher les ouvriers de se décomprimer en moins de deux minutes. Nous avons vu qu'ils ont une grande tendance à ouvrir le robinet aussi largement que possible, par la raison qu'ils sont habituellement trop nombreux et qu'ils éprouvent un grand malaise provenant de la chaleur et de l'altération rapide de l'air dans un espace aussi étroit.

Cette réduction a été opérée par l'addition d'une bague dans l'ouverture extérieure du robinet. Foley examinant la question de la rapidité avec laquelle doit s'opérer la décompression, la résout de la manière suivante : une demi-minute par cinq dixièmes d'atmosphère, une minute pour une atmosphère, et ainsi de suite en augmentant d'uue demi-minute pour chaque demi-atmosphère. Telles sont les précautions à prendre pour que la décompression soit complètement inoffensive ; cette solution, a-t-il soin de dire, n'est qu'approximative. Je le crois bien ! voici pourquoi :

Tout le monde est frappé de la rapidité avec laquelle l'air du sas fait irruption au début. Cette vitesse d'écoulement est considérable dans le cas d'une pression élevée. Si le chiffre total de la pression est de trois atmosphères, elle devient égale à 322 mètres par seconde. A mesure que la première baisse, la vitesse diminue jusqu'à devenir égale à zéro. On comprend facilement que la dépression ne peut se faire proportionnellement au temps avec le robinet employé.

J'ai voulu déterminer aussi exactement que possible, expérimentalement, le rapport de cette dépression avec le temps écoulé Voici comment s'est faite l'expérience :

Les lois de l'écoulement des gaz et des liquides étant identiquement les mêmes, j'ai d'abord mesuré la dépression qui se faisait dans un tube plein de mercure, à une hauteur de $1^{m},28$, correspondant à la pression maximum du sas. Le robinet étant ouvert à un certain degré, je laissais l'écoulement se faire pendant 15 secondes ; puis, obturant avec mon doigt (pour ne pas toucher au robinet et assurer l'invariabilité de son ouverture), je mesurais ou, plus exactement, j'inscrivais le nombre de centimètres dont le mercure avait baissé. (La mensuration était faite par M. Billodeau, pharmacien de 2e classe,

et préparateur des cours de physique, qui a bien voulu me prêter une assistance, dont je le remercie.) J'ai le regret de ne pouvoir me servir de ces chiffres, parce que le mercure n'étant pas très pur, il se produisait, de temps en temps, des obstructions qui influençaient l'écoulement d'une manière très sensible.

J'ai recommencé une expérience d'une autre façon, en me servant d'un réservoir rempli d'air comprimé à la pression du caisson, c'est-à-dire à 1^{at},775. Le réservoir, d'une capacité de 3 mètres cubes, était mis en communication avec l'atmosphère au moment où M. Gimelli, aide-médecin, qui a bien voulu m'aider, tournait le sablier de 15 secondes.

L'écoulement, se faisant librement pendant 15 secondes, était subitement interrompu lorsque le sable avait fini de s'écouler. On lisait alors la pression qu'indiquait le manomètre. Puis, on recommençait la même opération, autant de fois qu'il était nécessaire, pour amener le complet épuisement du réservoir.

Voici les chiffres trouvés dans cette expérience :

TEMPS ÉVALUÉ EN MINUTES ET EN SECONDES.	PRESSIONS CORRESPONDANTES.
0 minutes, 00 secondes.	1 atmosphère 775
0 — 15 —	1 — 325
0 — 30 —	1 — »
0 — 45 —	0 — 75
1 — 00 —	0 — 55
1 — 15 —	0 — 35
1 — 30 —	0 — 225
1 — 45 —	0 — 125
2 — 00 —	0 — 05
2 15 —	0 — 0125
2 — 30 —	0 — 0000

Les chiffres n'ont pas, à la vérité, une grande exactitude : on pourra trouver, à la courbe qu'on peut facilement construire, quelques irrégularités ; mais ces erreurs sont relativement peu importantes et ne diminuent en rien la force des considérations que nous pouvons baser sur ces chiffres. Ainsi donc, le sas peut se vider de l'excès d'air qu'il renferme en 2 minutes et demie, ce qui correspond à peu près à ce qui se

fait couramment pour l'éclusage des hommes. Si on mesure la dépression qui s'opère, dans la première moitié du temps, on la verra égale à 1^{at},475, puisque, à ce moment, le manomètre n'accuse plus que 0^{at},55 centièmes. Donc, le temps qui reste, c'est-à-dire une minute et demie, sera tout entier employé pour décomprimer de 1/3 d'atmosphère environ. Supposons, maintenant, que le sas puisse se vider en deux minutes, la décompression opérée pendant la première minute et celle qui s'opérera dans la seconde seront dans le même rapport, savoir : de 4, 2 à 1.

Si nous nous reportons à la prescription de Foley, nous verrons que le temps nécessaire pour opérer la première partie de la décompression, c'est-à-dire une minute pour une atmosphère et demie, est trop petit, et le temps nécessaire pour obtenir la deuxième partie de la décompression, savoir : une minute, pour un tiers d'atmosphère, est trop long. Donc, il y a, dans la première moitié du temps, danger, par suite d'une décompression trop brusque, et dans la deuxième moitié, perte de temps, puisqu'on emploie une minute pour un tiers d'atmosphère. La formule de Folëy ne peut donc être adoptée, car elle suppose que la dépression se fait proportionnellement au temps, ce qui est complètement inexact.

La vérité est que le rapport de la décompression au temps employé pour l'effectuer décroît depuis le commencement jusqu'à la fin.

Ainsi dans les premières 15	secondes	la dépression est de		0	atmosphère	155
Dans le 2e	intervalle de 15	—	—	0	—	325[1]
Dans le 3e	—	—	—	0	—	250
Dans le 4e	—	—	—	0	—	200
Dans le 5e	—	—	—	0	—	200
Dans le 6e	—	—	—	0	—	125
Dans le 7e	—	—	—	0	—	100
Dans le 8e	—	—	—	0	—	065
Dans le 9e	—	—	—	0	—	025
Dans le 10e	—	—	—	0	—	0125

Ainsi donc, au début la décompression opérée, pendant le premier quart de minute, est *trente-deux* fois plus forte qu'à la fin, dans le dernier quart de minute. Tous les inconscients du danger qu'ils courent sont impatients d'ouvrir la porte et ouvrent le robinet au maximum, surtout pour sortir : car la décompression n'entraîne pas les mêmes accidents douloureux dans

[1] Ici, il y a une petite erreur d'observation, le robinet a été fermé trop tard.

la tête que l'éclusement. Les hommes qui connaissent le danger y parent en ouvrant d'abord très peu le robinet, puis de plus en plus, et, entièrement, à la fin. Les surveillants savent bien cela, mais l'habitude, puis le désir d'aller vite et de se soustraire plus rapidement à une situation désagréable, lorsqu'ils introduisent un certain nombre d'ouvriers, leur font omettre cette salutaire précaution.

Je dis salutaire; en effet, elle l'est à un double point de vue: elle diminue le danger du passage brusque d'une forte pression à une pression plus faible, et atténue le refroidissement. Il est possible, en prenant cette précaution, d'empêcher la précipitation de l'eau contenue dans l'air, et cela, sans augmenter considérablement la durée de l'opération. On conçoit, en effet, que la présence d'un certain nombre d'organismes humains, renfermés dans un espace très limité, échauffe rapidement l'air de cet espace et puisse le maintenir à une température constante, s'il a une tendance quelconque à se refroidir qu'on puisse rendre aussi lente qu'on voudra.

Or, c'est ici le cas.

Il est donc indispensable, pour opérer le déséclusement en toute sûreté, d'augmenter le temps dans lequel on l'opère, non pas proportionnellement à la pression maximum, comme on l'a dit, mais dans un rapport croissant avec cette pression. Ainsi, dans le cas du réservoir sur lequel nous avons expérimenté, il faudrait mettre 5 minutes pour passer d'une atmosphère 7 dixièmes à une atmosphère 2 dixièmes, en 50 secondes, en diminuant de moitié l'air de l'orifice d'écoulement.

Mais cela n'est pas pratique, la perte de temps serait trop considérable, et les ouvriers, qui se plaignent déjà de la longueur de l'éclusement, s'impatienteraient bien davantage. Ce qui serait très avantageux, à tous les points de vue, serait d'avoir un système de robinet qui s'ouvrirait progressivement, et qui laisserait tomber la pression proportionnellement au temps, et d'une façon tout à fait indépendante de la volonté des ouvriers. Pour que ce robinet satisfasse aux exigences du problème à résoudre, il faut que l'ouverture se fasse progressivement, et s'accomplisse tout entière en un temps minimum de 2 minutes, que l'ouverture soit calculée de façon que le produit de l'aire découverte, prise à un moment quelconque, par la vitesse d'écoulement, à ce moment, donne un nombre

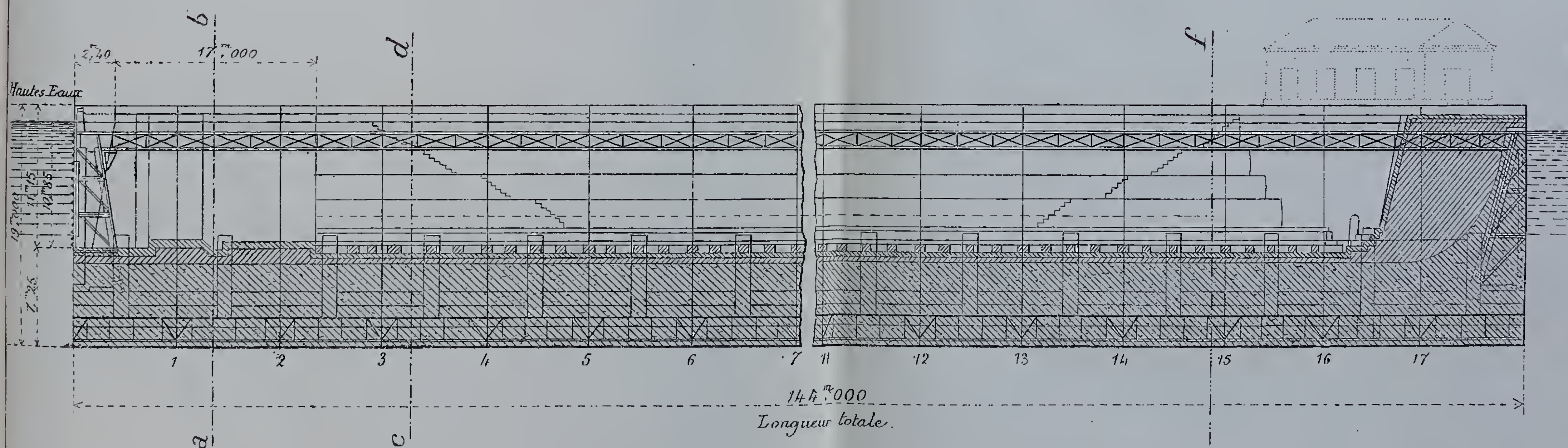
CAISSON POUR LE PORT DE TOULON.

2e PROJET

Disposition des Maçonneries

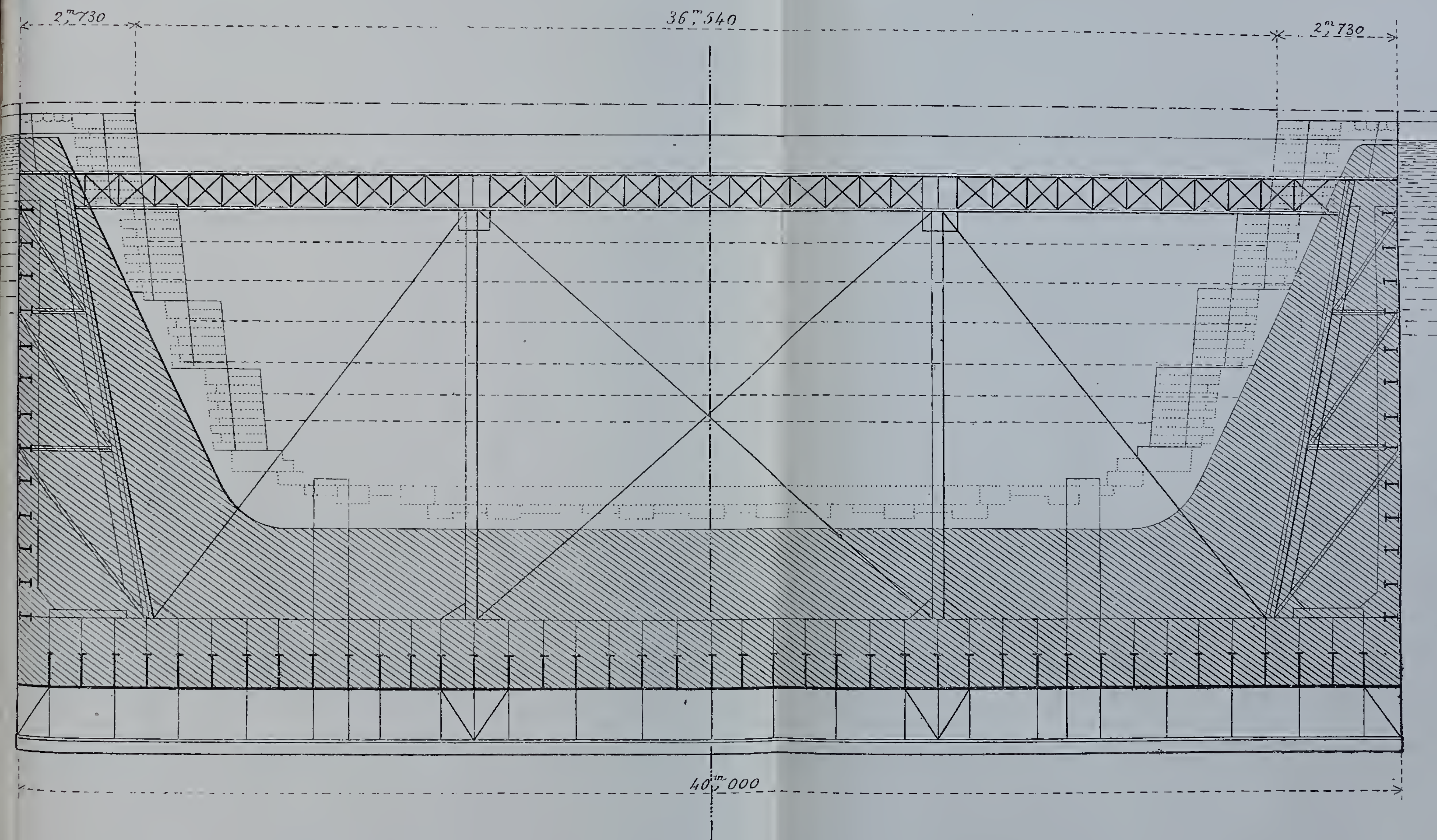
Echelle de 0m,08 par mètre.

Coupe en long suivant l'axe.



F. Solin, Autog. de la Marine. J.B. Baillère et fils.

Coupe suivant *e f.*



Regard extérieur du sas.

0,30

Fig. 1

Elévation

2m00

Porte extérieure du sas.

1707

0,45

Siphon pour les déblais semi-liquides

Plan.

Fig. 2.

1m50

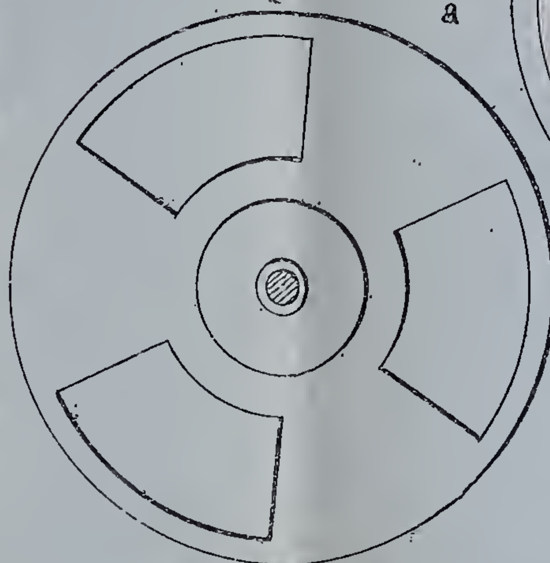
2,77

0,15

tubulure en fer où s'adapte le tube en caoutchouc qui amène l'air comprimé.

Fig. 3

Plan de la face supérieure du couvercle et Coupe de la tige d'acier.



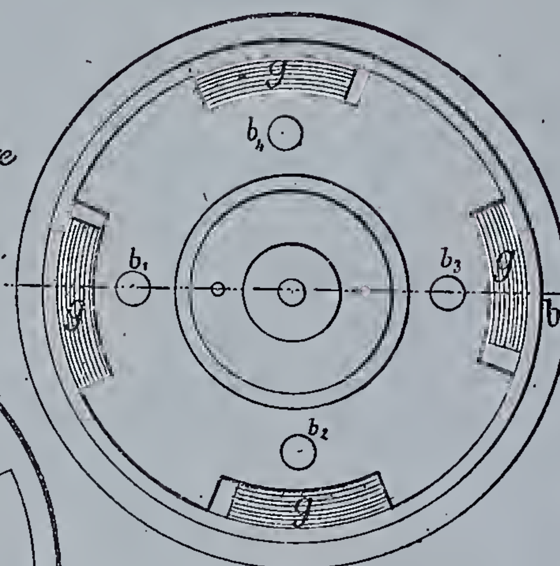
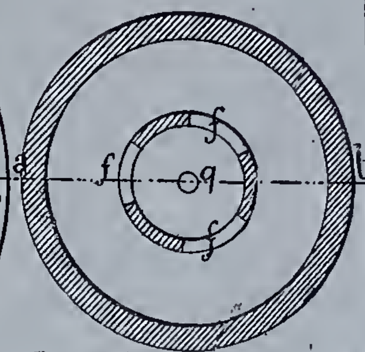


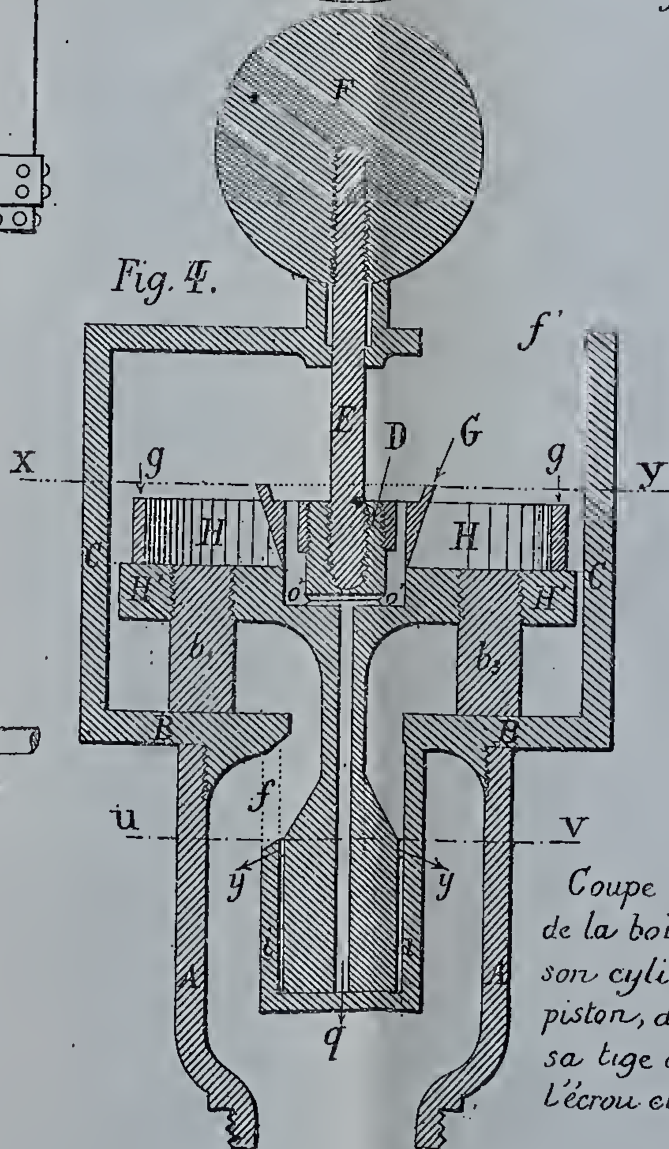
Fig. 5 _ Coupe (suivant xy) du couvercle et de la tige d'acier centrale, plan du disque supérieur, de l'écrou et de la tige du piston

Fig. 6.



Coupe (suivant uv) de la boîte du cylindre et du piston.

Fig. 4.



Coupe verticale (suivant a b) de la boîte du diaphragme, de son cylindre, du couvercle, du piston, de son plateau et de sa tige d'acier, du poids, de l'écrou et des deux disques.

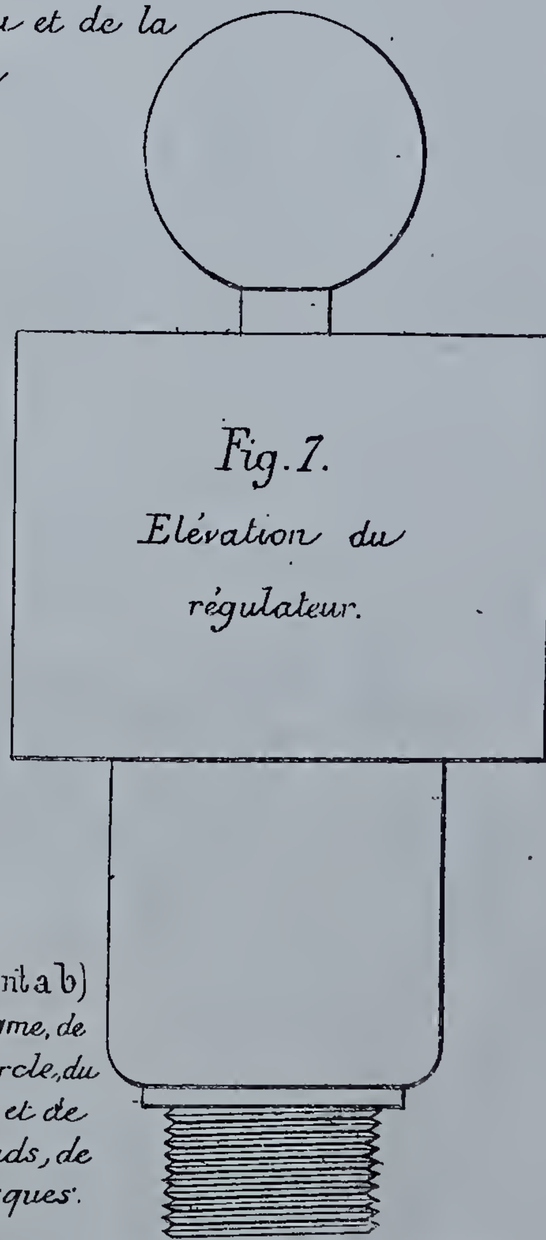
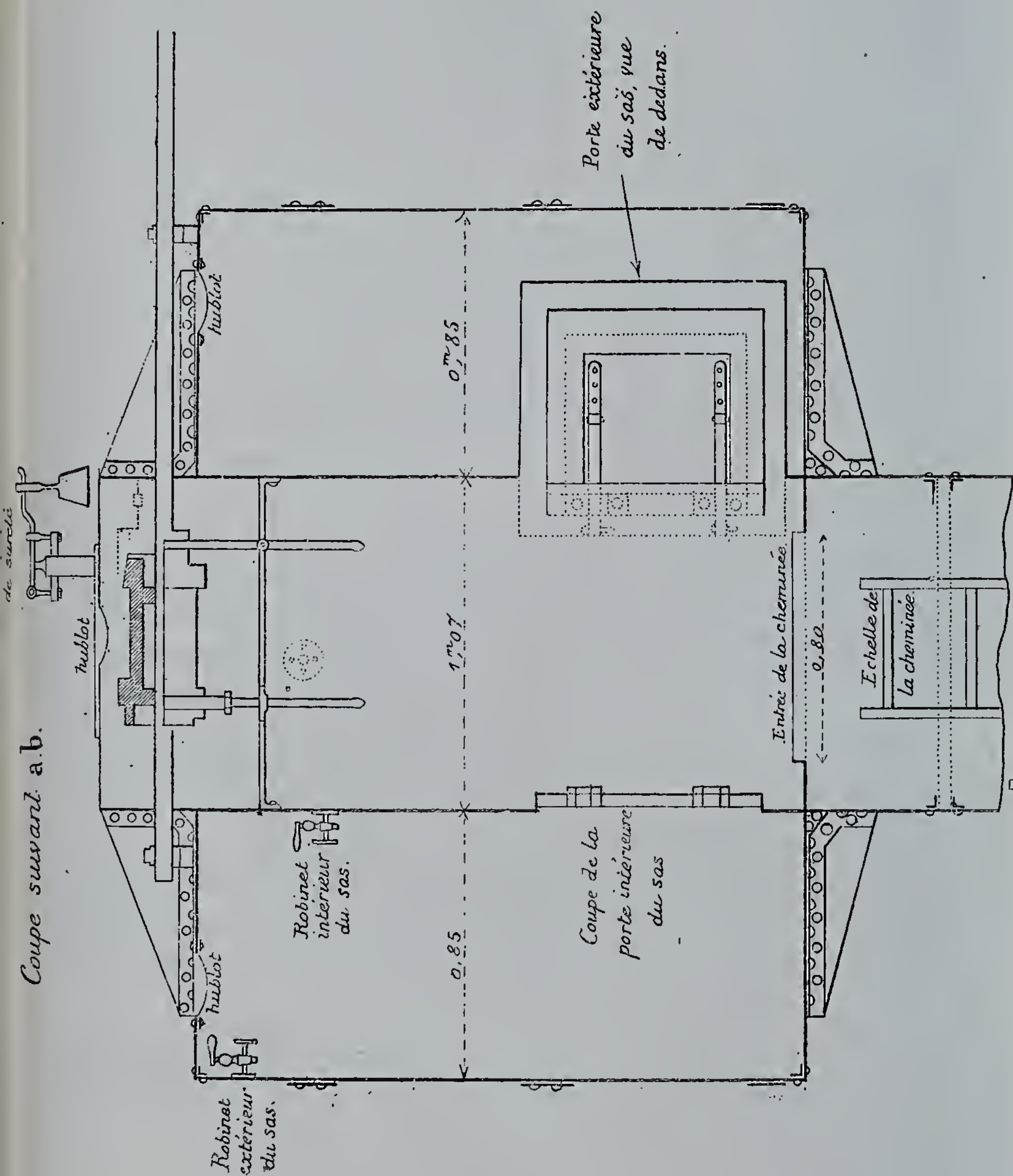
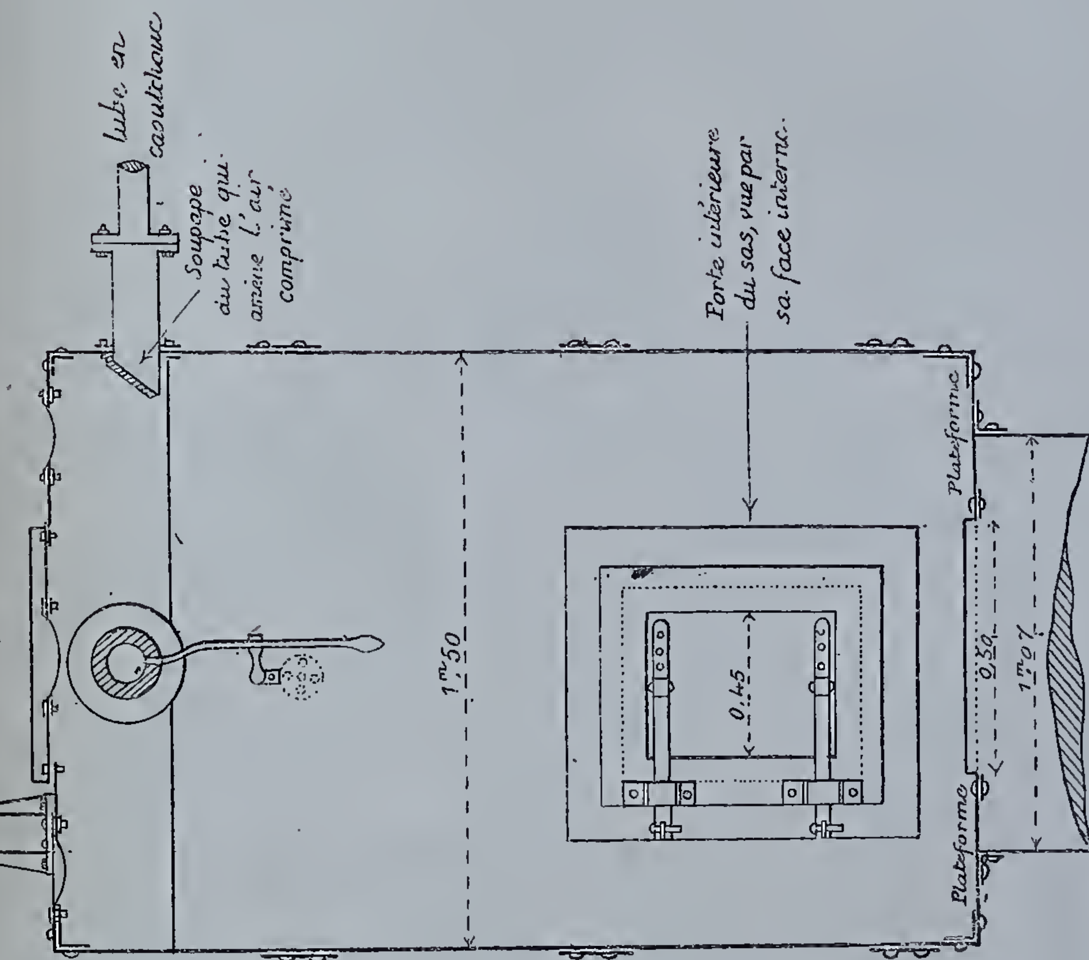


Fig. 7.

Elévation du régulateur.


Porte extérieure du sas, vue de dedans.
Coupe suivant a.b.
hublot
hublot
hublot
0m85
1m07
0,85
Entrée de la cheminée
0,80
Echelle de la cheminée
Robinet intérieur du sas.
Coupe de la porte intérieure du sas
Robinet extérieur du sas.


Coupe suivant c.d.
Tube en caoutchouc
Soupape du tube qui amène l'air comprimé
Porte intérieure du sas, vue par sa face interne.
1m50
0.45
Plateforme
Plateforme
0.32
1m07

constant; c'est-à-dire que, pour des temps égaux, il sorte des poids égaux d'air, ce qui déterminera des abaissements de pression proportionnels au temps.

En attendant la solution exacte de ce problème, j'ai eu l'idée d'un robinet-vanne pouvant donner des résultats utiles, et beaucoup plus avantageux que le robinet actuel. Je suis heureux de reconnaître ici la bonne volonté de M. l'ingénieur Langlois, qui s'est empressé de faire exécuter mon projet dans ses ateliers. Voici en peu de mots en quoi consiste ce robinet-vanne que je propose[1].

C'est un fort tube en fonte, dont une extrémité ouverte est taraudée, et peut se visser au lieu et place du robinet ordinaire; l'autre est obturée par un fond percé d'une ouverture qui sert d'écrou, et laisse passer une vis à pas très rapprochés, qui peut faire avancer ou reculer dans l'âme du tube un piston métallique. Cette vis est manœuvrée par une manivelle fixée à son extrémité externe, l'extrémité interne fait corps avec le piston.

Le tube du robinet-vanne est percé suivant une des génératrices du cylindre qui le constitue, par une fente longue de 7 à 8 centimètres et large de 1 millimètre environ. Lorsque le piston est enfoncé à bloc, il obture complètement le fond du tube et ferme hermétiquement le sas; mais on conçoit que si on manœuvre la vis de rappel de manière à tirer le piston, celui-ci découvrira la fente et la fera communiquer avec l'âme du tube et avec l'extérieur, d'autant plus largement que le piston sera retiré davantage. Lorsque le piston sera ramené jusqu'au contact du fond, l'ouverture sera béante assez largement pour permettre aux dernières parties de l'air emprisonné de s'écouler rapidement au dehors.

[1] J'ai ultérieurement proposé et fait construire un robinet automatique que j'ai appelé régulateur. (Voy. *Appendice*.)

CONCLUSION.

Supposons que les hommes qui travaillent à l'air comprimé soient jeunes, bien portants, convenablement entraînés par suite d'une élimination soigneusement faite, les causes des accidents sont :

1° Ventilation insuffisante ;

2° Fatigue excessive ;

3° Déséclusement mal fait, trop rapide au début ;

4° Refroidissement après le travail.

La prophylaxie sera, en conséquence, résumée par :

Visite préalable faite par un médecin avant l'admission des hommes ;

Ventilation augmentée, éclairage amélioré ;

Réduction de la durée du travail à quatre heures sur douze ;

Adoption d'un système de robinet quelconque à ouverture se faisant progressivement, de façon à ralentir la chute de la pression au début du déclusement ;

Enfin, chauffage des baraques, construction d'une baraque, auprès de la piscine, où les hommes puissent se coucher la nuit, surtout quand il pleut ou qu'il fait très froid.

Telles sont les réflexions que m'a suggérées l'étude des conditions dans lesquelles se trouvent les ouvriers travaillant dans l'air comprimé. Je regrette que le temps dont j'ai pu disposer ne m'ait pas permis de les présenter sous une forme plus concise et plus correcte.

Je ne terminerai pas mon travail sans remercier M. l'inspecteur général Raoult, M. l'ingénieur de Mazas, M. l'ingénieur civil chargé de l'entreprise, et son personnel, qui m'ont témoigné la plus grande bienveillance et accordé toutes les facilités nécessaires.

Je remercie particulièrement M. le conducteur des ponts et chaussées Cugit, pour les dessins qu'il a mis à ma disposition, et dont j'ai annexé à mon travail une copie réduite.

Énumération des accidents survenus du 22 août au 13 septembre 1879.

NOMS et PRÉNOMS.	DATES du jour de l'accident.	HEURES de l'accident.	AGES.	GENRE de maladies.	OBSERVATIONS.
Choucetti (Louis). . .	23 août.	6 h. soir.	34	Paraplégie.	Hôpital salle 2, lit 25.
Goslino (Louis). . . .	25 —	—	30	Douleurs de tête.	Hôpital salle 2, lit 27.
Kegouli (Jean-Bapt^te).	24 —	11 h. matin.	38	Douleurs articulaires.	
Amétris (Louis) . . .	24 —	6 h. soir.	31	Douleurs.	
Bregman (Jean). . . .	25 —	6 h. matin.	29		
Orbano	24 —	6 h. soir.	39	Doul. aux épaules.	Hôp. salle 2, lit 41.
Corasso (Pierre) . . .	25 —	Midi.	38	Douleurs aux jambes.	4 jours de repos.
Oberto (Joseph) . . .	26 —	6 h. matin.	49	Douleurs aux jambes.	6 —
Bruno (Antoine) . . .	27 —	—	31	Douleurs aux jambes.	4 —
Viretto (Daniel). . .	27 —	Midi.	35	Paraplégie.	Hôp. salle 2, lit 46.
Jourdan (Louis) . . .	27 —	Midi et 1/2.	26	Douleurs.	3 jours de repos.
Pensenti (François). .	27 —	-	36	—	1 —
Peyle (Antoine) . . .	28 —	—		Douleurs articulaires.	
Muncasello (Joseph) .	28 —	6 h. soir.	37	Doul. aux épaules et aux bras.	Hôp. salle 2.
Sicardi (Joseph) . . .	29 —	Minuit.	18	Douleurs.	3 jours de repos.
Novaresse (Briaggo) .	29 —	6 h. soir.	16	Douleurs articulaires.	Hôp. salle 2.
Tavan (Dominique) . .	30 —	5 h. matin.	18	Douleurs.	10 jours de repos.
Baralli (Mathieu) . .	1er sept.	1 h. matin.	33	Douleurs aux bras.	Hôp. salle 2, lit 27.
Calvetti (Victor). . .	1er —	Minuit.	31	Douleurs aux jambes.	Hôp. salle 2, lit 12.
Armand (Michel) . . .	3 —	6 h. matin.	28	Douleurs aux jambes.	5 jours de repos.
Bartolucci (Valentin).	4 —	6 h. soir.	38	Douleurs articulaires.	Hôp. salle 2, lit 12.
Cornet (Gustave). . .	6 —	—	29	Paraplégie.	Hôp. salle 2, lit 15.
Latorre (Louis) . . .	7 —	6 h. matin.	24	Douleurs aux jambes et aux bras.	Hôp. salle 2, lit 46.
Odetto (Jean-Baptiste)	7 —	6 h. soir.	31	Douleurs de tête.	
Biesse (Pierre). . . .	9 —	—	28	Paraplégie.	Hôp. salle 2. lit 12.
Calvetti (Jean). . . .	1er —	Minuit.	19	Douleurs aux jambes.	Hôp. salle 2, lit 14.
Antonelli (Louis) . .	9 —	6 h. soir	27	Paraplégie.	Hôp. salle 2, lit 44.
Tessa (Piacomo). . .	9 —	—	25	—	Hôp. salle 2, lit 28.
Capre (Calo).	9 —	—	21	Doul., coliques, résolutions des forces.	Hôpital.

Énumération des accidents (suite).

NOMS et PRÉNOMS.	DATES du jour de l'accident.	HEURES de l'accident.	AGES.	GENRE de maladies.	OBSERVATIONS.
Poloni (Anselme). . .	9 sept.	Minuit.	40		
Trinquero (Jean). . .	9 —	6 h. soir.	21	Douleurs.	3 jours de repos.
Camatoure (Félix) . .	10 —	—	25	—	1 —
Brada (Joseph). . . .	10 —	—	32	—	3 —
Abbo (Barthélemy) . .	8 —	Minuit.	28	Douleurs articulaires.	5 —
Mei (Adam)	10 —	6 h. soir.	27	Douleurs aux jambes.	6 —
Campare (Nicolas). . .	10 —	—	21	Douleurs.	2 —
Brouarone (Ange) . .	12 —	2 h. 1/2 soir.	26	Douleurs articulaires.	
Oudario (Eugène). . .	12 —	4 h. soir.	18	Douleurs articulaires.	
Seraphin (André). . .	12 —	Minuit.	27	Douleurs articulaires.	
Delpot (Blaise). . . .	13 —	6 h. matin.	28	Douleurs.	
Conti (Antoine). . . .	13 —	11 h. soir.	29	—	
Pierre (Nathalis). . .	31 août.		21	Douleurs dans les jambes.	
Damaniani (Piétro) . .	31 —		21	Parésie des jambes.	

Pression totale 2 atmosphères 7.

DATES.	NUMÉROS des postes.	NOMBRE D'HOMMES.		TEMPÉRATURE			NOMBRE des malades.
		CHAMBRE n° 17.	CHAMBRE n° 2.	EXTÉRIEURE.	dans la CLOCHE.	dans la CHAMBRE.	
				degrés.	degrés.	degrés.	
22 août . .	4	10					
23 — . .	1	12					
23 — . .	2	12					
23 — . .	3	19					
23 — . .	4	14					2
24 — . .	1	6					
24 — . .	2	11					1
24 — . .	3	12					2
24 — . .	4	12					
25 — . .	1	11					1
25 — . .	2	22					1
25 — . .	3	15					
25 — . .	4	13					
26 — . .	1	10					1
26 — . .	2	15					
26 — . .	3	18					
26 — . .	4	16					
27 — . .	1	7					1
27 — . .	2	21					3

Pression totale (suite).

DATES.	NUMÉROS des postes.	NOMBRE D'HOMMES.		TEMPÉRATURE			NOMBRE des malades.
		CHAMBRE nº 17.	CHAMBRE nº 2.	EXTÉRIEURE.	dans la CLOCHE.	dans la CHAMBRE.	
				degrés.	degrés.	degrés.	
27 août . .	3	13					
27 — . .	4	19					
28 — . .	1	10					
28 — . .	2	22					1
28 — . .	3	20					1
28 — . .	4	22		26 23,5	30 27	23 22	
29 — . .	1	13					
29 — . .	2	16		24	27,5	26,2	
29 — . .	3	23		27	31	27	1
29 — . .	4	22		21	31	30	1
30 — . .	1	21					
30 — . .	2	22		23,2	29	26,5	1
30 — . .	3	27		26	33	29	
30 — . .	4	18		28	32	29	1
31 — . .	1	17					
31 — . .	2	14					
31 — . .	3	17	8				
31 — . .	4	9	9				
1er sept. . .	1	9	7				
1er — . .	2	13	16				
1er — . .	3	17	13				
1er — . .	4	13	20	24	30	29	3
2 — . .	1	8	9	22	28	28	
2 — .	2	15	21	20	26	26	
2 — . .	3	21	20				
2 — . .	4	8					
3 — . .	1	8	20				1
3 — . .	2	7	22				
3 — . .	3	13	25				
3 — . .	4	12	20	26	31	23	1
4 — . .	1	12	16	26	29	24	
4 — . .	2	5	30	20	27	22	
4 — . .	3	5	31				
4 — . .	4		43	24	30	24	
5 — . .	1		12	21,2	28	21,2	
5 — . .	2		44	21,3	28	23	
5 — . .	3		19	27	34	23	
5 — . .	4		26	26	28	24	
6 — . .	1		19	25	31	24	
6 — . .	2		40	22	27	25	1
6 — . .	3		23	24	29	23	
6 — . .	4		32	23	28	24	
7 — . .	1		8	23	28	24	1
7 — . .	2		16	20	26	23	
7 — . .	3		11	27	32	24	1
7 — . .	4						
8 — . .	1						
8 — . .	2		10	23	28	24	
8 — . .	3		11	26,5	30	23	
8 — . .	4		23	24	29	28	1
9 — . .	1		6	23	31	29	

Pression totale (suite).

DATES.	NUMÉROS des postes.	NOMBRE D'HOMMES.		TEMPÉRATURE			NOMBRE des malades.
		CHAMBRE n° 17.	CHAMBRE n° 2.	EXTÉRIEURE.	dans la CLOCHE.	dans la CHAMBRE.	
				degrés.	degrés.	degrés.	
9 sept. . .	2		10	19	26	24	
9 — . .	3		32	23	28	23	4
9 — . .	4		52	21	26	23	2
10 — . .	1		26	18	24	22	
10 — . .	2		37	18	23	23,5	
10 — . .	3		38	23	29	23	4
10 — . .	4		57	19	27	26	
11 — . .	1		27	21	25	24	
11 — . .	2		32	15	23	24	
11 — . .	3		41	23	29	23	
11 — . .	4		48	17	26	26	
12 — . .	1		43	13	22	23	
12 — . .	2		37	18	23	23	2
12 — . .	3		50	21	28	27,5	
12 — . .	4		48	22	27	23	1
13 — . .	1		33	19	26	23	1
13 — . .	2		35	17	24	26	1
13 — . .	3		31	26,5	32	29	
13 — . .	4						
	Total.			13			

Ont travaillé sans interruption 115 hommes.
Mais un grand nombre d'ouvriers sont là depuis peu de temps.
La proportion des malades est de 43/115 pour 100.

APPENDICE

Toulon, le 1er novembre 1879.

Monsieur le Directeur,

Le 29 septembre dernier, j'ai adressé à M. le Préfet maritime du port de Toulon la lettre suivante :

« Monsieur le Préfet, j'ai été chargé tout récemment, par M. le Directeur du service de santé du port, d'étudier, au point de vue professionnel, les travaux à l'air comprimé qui se font actuellement au bassin de radoub de Missiéssy. Cette étude m'a suggéré l'idée de prévenir, par un meilleur système d'éclusement, les causes les plus actives des accidents qui surviennent chez les ouvriers, savoir : 1° l'irrégularité de la dépression manométrique; 2° le refroidissement dans le sas.

« Le robinet ordinaire, qui fait communiquer l'air du sas avec l'extérieur, a l'immense inconvénient, lorsqu'il est ouvert à plein canal, de faire tomber

la pression avec une grande rapidité au début et une grande lenteur à la fin. La dépression brusque du début, cause redoutable d'accidents, produit en outre un grand refroidissement et une précipitation abondante de l'eau qui saturait l'air; la dépression lente de la fin prolonge, sans nécessité, l'exposition de l'ouvrier à ce froid humide et pénétrant.

« Les hommes qui ont conscience du danger qu'ils courent peuvent, par une manœuvre convenable du robinet, éviter ces deux inconvénients; mais l'immense majorité des ouvriers ne s'y soumettra jamais, pour les raisons indiquées dans mon étude, et qui se résument en ceci : le malaise éprouvé dans le sas.

« Je me suis proposé, par la construction d'un instrument spécial, de faire tomber le premier plus régulièrement, et, autant que possible, d'obtenir des dépressions égales dans des temps égaux. Cet instrument, dont j'ai fait un croquis annexé à la présente demande, me paraît devoir être préféré à tout autre système qui ne fonctionnerait pas automatiquement.

« J'ai l'honneur de vous prier de vouloir bien m'autoriser à faire construire dans les ateliers du port un modèle de mon instrument, à titre d'essai.

« Je suis, etc.

« MICHEL. »

Cette demande, accueillie favorablement par vous, et appuyée de l'avis favorable de M. le Directeur des travaux hydrauliques, a été approuvée par l'Amiral. J'ai pu faire construire, aux ateliers de Missiéssy, un premier modèle qui laissait beaucoup à désirer, par suite de mes hésitations pendant la construction, et surtout par suite de l'imperfection de l'outillage. Un deuxième modèle a été construit à l'atelier des machines dans de meilleures conditions, bien qu'il soit loin d'être parfait.

C'est ce dernier modèle que je vais décrire sommairement, en priant le lecteur de se référer aux figures (1, 2, 3, 4, 5) de la planche III.

Description du régulateur.

Cet instrument, véritable régulateur, se compose de :

1° Une partie fixe ou enveloppe;

2° Une partie mobile ou contenu.

1° L'enveloppe peut se décomposer en 5 pièces.

1. — Boîte à air *A*, cylindrique, atténuée par le bas et s'y terminant par une partie filetée qui se raccorde avec un tube en plomb, prolongement extérieur du robinet du sas. — Le bord supérieur se visse sur la partie saillante de la face inférieure de la pièce *B*, en dehors du cylindre fenêtré.

2. — La pièce *B* est percée à son centre d'un trou de 2 centimètres de diamètre, et supporte la partie supérieure du cylindre fenêtré *f*. Ce cylindre a 30 millimètres de hauteur à l'intérieur et un calibre un peu plus large dans sa partie moyenne qu'à ses deux extrémités, qui sont exactement de 2 centimètres. Il est percé de 3 fenêtres équidistantes dont les bords verticaux sont dirigés suivant un rayon, et dont les bords horizontaux sont en biseau, ce qui constitue un trajet oblique de bas en haut et de dehors en dedans. Ces fenêtres ont pour

largeur le sixième de la circonférence du cylindre, et, pour hauteur, 2 centimètres d'une arête inférieure à l'arête située de la même façon sur le bord supérieur. Nous avons déjà indiqué le rebord fileté de la face inférieure qui se visse sur la chambre à air. En outre, la pièce *B* ou *diaphragme* porte un rebord sur sa face supérieure, qui sert à le raccorder avec la pièce *C*.

3. — Le cylindre est complété par une pièce *i* en cul-de-sac qui ne présente rien de particulier, et qui se visse sur le bord inférieur de la partie fenêtrée.

4. — Entre le cylindre et la pièce *i* se trouve pincée une bague en laiton ajustée et rodée sur le piston *D*. Cette bague peut subir quelques légers déplacements latéraux, et permettre de corriger de légères excentricités du diaphragme et du couvercle : son peu de hauteur (2 millimètres) permet d'obtenir une certaine élasticité sans augmenter les frottements du piston d'une manière notable.

5. — Le couvercle *C* (voy. fig. 1 et 2, planche III) est très légèrement tronc-conique. Il a 82 millimètres de diamètre intérieur près de la base et 80 millimètres près du fond ; il se visse sur le diaphragme par son bord inférieur; il est formé, en haut, par un fond fenêtré percé de 4 ouvertures (1 centrale, 3 périphériques).

L'ouverture centrale, plus étroite dans sa partie inférieure, où elle a 5 millimètres de diamètre que dans sa partie supérieure, où elle en a 8, sert à guider et transmettre au dehors la tige d'acier qui supporte le poids sphérique *F*, et permet, par son ouverture supérieure, évasée en cupule, l'introduction de l'huile destinée à faciliter le frottement.

Les ouvertures latérales trapézoïdales sont très larges, pour permettre un écoulement facile de l'air.

L'écrou, qui sert à raccorder l'appareil avec le tube en plomb, n'a pas été figuré ; mais il est facile de se rendre compte de sa forme et de sa position.

2° La partie mobile ou contenue peut se décomposer en cinq pièces : piston, tige d'acier, poids sphérique, disque, écrou de frein.

1. — Le piston a, dans sa partie inférieure (piston proprement dit), 2 centimètres de diamètre et 24 millimètres de hauteur. La partie supérieure, venue de fonte, est étroite dans sa partie moyenne, se renflant progressivement jusqu'au calibre du piston, avec lequel elle se continue en bas et se renflant, en haut, en épaulement de 35 millimètres de diamètre, surmonté d'un cylindre fileté de 18 millimètres de hauteur et de diamètre.

Ce piston est percé de part en part : 1° par un canal axile dont le diamètre est un peu plus étroit au niveau de la partie mince, et élargi à 5 millimètres en haut et en bas. La partie supérieure du canal axile est taraudée pour recevoir l'extrémité inférieure de la tige d'acier; 2° par deux autres canaux diamétraux ou transverses qui sont percés l'un à la base du cylindre fileté, et l'autre un peu au-dessus du piston proprement dit.

2. — La tige en acier a 75 millimètres de long et un diamètre de

6 millimètres. Elle est taraudée à ses deux bouts, et sert à raccorder le piston avec le poids sphérique.

3. — Le poids sphérique *F* est une sphère pleine qu'on peut élever ou abaisser à volonté.

4. — Les deux disques ont la forme d'une croix de Malte à branches très courtes; le diamètre inscrit aux échancrures, ou espaces entre les branches, a 75 millimètres, et, de diamètre circonscrit, 79 millimètres. La profondeur des échancrures est donc de 6 millimètres, et leur largeur de 1/8e de circonférence ou de 45° (Voy. fig. 2, *HH'*).

Le premier disque *H* est percé, à son centre, d'une ouverture filetée qui se visse sur le piston et applique sa face inférieure contre l'épaulement de la partie supérieure du piston.

Aux extrémités d'un même diamètre se trouvent deux échancrures verticales qui correspondent, lorsque le disque est à bloc, aux deux ouvertures du canal transverse supérieur.

Le deuxième disque *H'* a une ouverture centrale plus large et de forme tronc-conique dans sa partie supérieure; elle est fixée par un écrou de frein.

5. — L'écrou de frein constitue la cinquième partie : sa face inférieure ne peut arriver au contact de la face supérieure du disque *H*, lorsqu'on l'a serré à bloc. Il résulte de cette disposition que l'espace annulaire, en communication par les échancrures latérales avec les extrémités du canal transverse, met en communication le canal central avec l'air extérieur au moyen des trous verticaux percés de chaque côté de l'écrou de frein. Il est très facile, par conséquent, de faire passer de l'huile sous le piston par les ouvertures trapézoïdales du couvercle.

L'écrou de frein est surmonté par un rebord moleté qui permet de le manœuvrer facilement du dehors, et qui sert également de cupule pour empêcher l'huile de s'extravaser.

Théorie sommaire du régulateur.

Nous savons que les volumes des gaz varient en sens inverse des pressions, mais que les quantités pondérables varient, comme les pressions, lorsque le volume est constant.

Si nous ouvrons le robinet d'un sas rempli d'air comprimé, la dépression manométrique sera constamment proportionnelle au poids de l'air écoulé.

Soit v la vitesse d'écoulement pendant le temps dt et a l'orifice ou la section minimum du robinet, si nous admettons (ce qui est suffisamment exact pour le but que nous nous proposons) que l'air se distend et prend à très peu de distance la densité de l'air extérieur.

Le produit av (ou le cylindre dont la base est a et la hauteur v), multiplié par la densité d de l'air à la pression ordinaire, exprimera très approximativement le poids d'air qui s'écoule dans le temps dt.

Il est donc permis de dire que le produit avd est constamment proportionnel à la dépression manométrique.

Considérons, maintenant, l'effort exercé par les filets d'air sur un disque placé normalement à leur trajet, soit m la masse d'une molécule v la vitesse

pendant le temps dt, v' la vitesse qu'elle aura encore après avoir choqué le disque $m (v-v')$ représente la quantité de mouvement absorbé par ce même disque, et, par suite, l'effort exercé par ce filet d'air.

La vitesse v' est très petite par rapport à v, si l'espace situé autour du disque est extrêmement large par rapport à l'orifice d'écoulement; nous la négligerons pour plus de commodité, et nous dirons que l'effort d'un filet élémentaire est mv; la somme de tous les filets élémentaires étant a, nous aurons, comme mesure de l'effort total exercé par les filets d'air en mouvement, le produit $a \times mv = m \times av$.

Ce produit est encore proportionnel à la chute de la pression.

Toutes ces quantités sont liées ensemble; elles diminuent progressivement, suivant la même loi, depuis le moment de l'ouverture du robinet jusqu'au moment où l'équilibre de pression est établi.

On conçoit que si, par artifice, nous rendions le produit av constant, en faisant varier l'ouverture a en sens inverse de v, nous pourrions obtenir un abaissement de pression proportionnel au temps, ce qui est le problème à résoudre.

Ajoutons maintenant, au robinet du sas, un tube en plomb terminé par le régulateur proposé :

L'air s'introduit dans la boîte à air A, puis s'infléchit par les ouvertures du cylindre et, passant sur les disques, exerce un effort proportionnel à la vitesse dont il est animé; finalement, il s'écoule avec une vitesse faible entre le couvercle et le bord du disque. Le disque étant soulevé entraîne le piston qui rétrécit l'ouverture f du cylindre. La quantité d'air diminue de plus en plus et, par suite, l'effort exercé sur le disque.

A un certain moment, le poids du disque et de la boule F sont suffisants pour empêcher une ascension ultérieure. L'équilibre dynamique est établi entre l'effort de haut en bas exercé par le poids du système et l'effort de bas en haut produit par l'air qui s'écoule.

Cet équilibre ne dure qu'un temps infiniment court, parce que l'air en s'écoulant fait baisser la pression et la pression fait baisser la vitesse $(v = \sqrt{2gh})$ de l'air. Le produit mva diminue et le poids du système devenant prédominant, le piston s'abaisse et agrandit a. L'équilibre se rétablit pour se détruire immédiatement, et ainsi de suite jusqu'au moment où le piston est à bloc.

On voit donc que pendant tout le temps que le piston se meut le débit de l'air reste constant et la dépression aussi.

Il est aussi facile de voir que tout dépend du poids du système et de la surface du disque.

Mon premier projet comprenait un disque à surface invariable et un poids variable formé par une sphère creuse qu'on pouvait lester plus ou moins avec de la grenaille de plomb. J'ai cru avantageux, surtout pour ne pas placer le poids tout à fait en haut et pour faire descendre un peu le centre de gravité, afin de diminuer le frottement dans le cas où l'appareil ne serait pas placé bien verticalement, de mettre deux disques au lieu d'un, de les échancrer semblablement, afin de pouvoir, en les faisant tourner l'un sur l'autre, graduer la surface exposée au courant d'air.

Je n'ai pu expérimenter l'appareil que je viens de décrire, mais j'ai essayé le premier et voici les résultats qu'il m'a donnés :

Dans le tableau ci-joint, la première colonne indique les pressions lues sur le manomètre; la deuxième, les temps, écoulés depuis l'ouverture du robinet; exprimés en secondes; la troisième, les différences premières ou le nombre des secondes nécessaires pour produire une dépression de 1 dixième d'atmosphère.

Atmosphères.	Secondes.	Secondes.
1,6	0	»
1,5	12	12
1,4	24	12
1,3	37	13
1,2	52	15
1,1	67	15
1,0	82	16
0,9	100	18
0,8	120	20
0,7	140	20
0,6	159	19
0,5	178	19
0,4	196	18
0,3	213	17
0,2	230	17
0,1	246	16
0,0	262	26

La capacité du sas expérimenté était de 4 centimètres cubes, c'est-à dire le double de celle des sas ordinaires.

La durée de l'écoulement de l'air est de 4 minutes 32 secondes, un peu plus du double du temps qu'il faut employer pour le déséclusement.

On peut facilement diminuer cette durée en ouvrant un peu les disques.

On voit que le résultat est très satisfaisant.

Les irrégularités produites dépendent, en grande partie, du peu de précision avec laquelle le piston et le couvercle de ce premier appareil ont été confectionnés. Elles disparaîtront, en grande partie, dans le second régulateur. Le premier appareil, mis en essai, a été installé ensuite sur un sas et un certain nombre d'hommes se sont éclusés par son intermédiaire. Un d'eux, le contre-maître des travaux hydrauliques *Delic*, me disait qu'on ne sentait plus le manteau de glace sur les épaules et que l'impression était moins rude. Seulement, il est nécessaire de remarquer que le robinet, qui doit fonctionner en même temps que le régulateur, doit être un peu plus large, sinon le déséclusement ne pourra jamais se faire en 2 minutes.

En terminant, qu'il me soit permis de demander qu'on installe deux régulateurs sur les deux sas d'une cloche et qu'on les laisse à demeure du commencement à la fin du travail dans le caisson. Il sera facile de cette façon d'apprécier l'influence exercée sur les hommes en tenant compte de la gravité et du nombre des accidents survenus et en les comparant aux accidents se produisant dans les cloches non pourvues de régulateur.

Il est nécessaire de monter le régulateur sur un tube en plomb de 25 à 30 centimètres au plus, et de le disposer de façon qu'il ne puisse pas être écrasé par la pression des mains, comme cela a eu lieu pour le premier régulateur.

Quand cet écrasement a lieu, la résistance augmente et la durée du déséclusement aussi. On pourrait opposer, de ce fait, une objection dont le régulateur lui-même ne serait pas possible.

(Extrait des *Archives de médecine navale*, tome XXXIII. — Mars 1880, éditées par J.-B. Baillière et fils.)

Typographie A. Lahure, rue de Fleurus, 9, à Paris.